



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

**Escola Superior d'Agricultura de Barcelona**

# **EFFECTE DE L'EMPELT I DENSITATS DE *MELOIDOGYNE SPP.* SOBRE EL CONTINGUT DE COMPOSTOS BIOACTIUS DE TOMÀQUET “DURINTA” I MELÓ CANTALOUPE “PALOMA”**

Treball final de grau  
Enginyeria Alimentària

Autor: Meritxell Cambras Alvarez

Tutor: Isabel Achaerandio

Montserrat Pujolà

1/ Juliol / 2017

## Resum

En els últims anys, les investigacions realitzades en el camp dels nematodes fitoparàsits, han cobrat particular importància, tenint en compte el dany causat per aquests organismes, especialment *Meloidogyne incognita*, no només en la producció i el rendiment vegetatiu sinó també en el possible efecte sobre la qualitat del fruit. El present treball té com a objectiu estudiar l'efecte de la presència de *Meloidogyne incognita* i de l'ús d'empelts (*Cucumis metuliferus* i Aligator) en el contingut de compostos bioactius en meló Cataloupe (*Cucumis melo* var. cantalupensis) varietat Paloma i tomàquet (*Solanum lycopersicum*) varietat Durinta conreats en rotació en hivernacle. Els paràmetres analitzats foren l'àcid ascòrbic, compostos fenòlics, carotenoides i la capacitat antioxidant dels compostos hidrofílics. S'ha constatat que la presència de nematodes en plantes empeltades de meló Cataloupe fa disminuir la capacitat antioxidant. En el cultiu d'estiu, en poblacions elevades, el contingut de compostos fenòlics i carotens també es redueix tant en plantes empeltades com no empeltades. En el cas del tomàquet no s'aprecia una millora per la utilització de l'empelt. De tota manera els canvis observats en el contingut de compostos bioactius, deguts a la presència de nematodes, no suposen un canvi en el valor nutricional d'ambdós fruits.

**Paraules clau:** àcid ascòrbic, compostos fenòlics, carotens i capacitat antioxidant.

## Resumen

En los últimos años, las investigaciones realizadas en el campo de los nematodos fitoparásitos, han cobrado particular importancia, teniendo en cuenta el daño causado por estos organismos, especialmente *Meloidogyne incognita*, no sólo en la producción y el rendimiento vegetativo sino también en el posible efecto sobre la calidad del fruto. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto de la presencia de nematodos (*Meloidogyne incognita*) y del uso de injertos (*Cucumis metuliferus* y Aligator) en el contenido de compuestos bioactivos en melón Cataloupe (*Cucumis melo* var. cantalupensis) variedad Paloma y tomate (*Solanum lycopersicum*) variedad Durinta cultivados en rotación en invernadero. Los parámetros analizados fueron el ácido ascórbico, compuestos fenólicos, carotenoides y la capacidad antioxidante de los compuestos hidrofílicos. Se ha constatado que la presencia de nematodos en plantas injertadas de melón Cataloupe hace disminuir la capacidad antioxidante. En el cultivo de verano, en poblaciones elevadas, el contenido de compuestos fenólicos y carotenos también se reduce tanto en plantas injertadas como no injertadas. En el caso del tomate no se aprecia una mejora por la utilización del injerto. De todas maneras los cambios observados en el contenido de compuestos bioactivos, debidos a la presencia de nematodos, no suponen un cambio en el valor nutricional de ambos frutos.

**Palabras clave:** ácido ascórbico, compuestos fenólicos, carotenos y capacidad antioxidante.



## Abstract

In recent years, the researches carried out in the field of the nematodes phytoparasites, have gathered more importance, taking into account the damage caused by these organisms, especially *Meloidogyne incognita*, not only in the yield production but also in the possible effect on the quality of the fruit. The purpose of this research is to study the effect of the nematodes (*Meloidogyne incognita*) presence and the use of the graft (*Cucumis metuliferus* and Aligator) in the content of bioactive compounds in melon Cantaloupe (*Cucumis melo* var. cantalupensis) variety “Paloma” and tomato (*Solanum lycopersicum*) variety “Durinta” cultivated in rotation in greenhouse. The parameters analysed were the ascorbic acid, phenolic compounds, carotenes and the antioxidant capacity of the hydrophilic compounds. It has ascertained that the presence of nematodes in graft plants of melon Cantaloupe reduce the antioxidant capacity. In the summer crop, in elevated populations, the content of phenolic compounds and carotenes it is reduce in graft plants as well as ungraft plants. In the case of the tomato does not appreciate an improvement for the utilisation of the graft. Anyway the changes observed in the content of compounds bioactive, owed to the presence of nematodes, do not suppose a change in the nutritional value of both fruits.

**Key words:** ascorbic acid, phenolic compounds, carotenes and antioxidant capacity.

## Sumari

<b>ÍNDEX DE FIGURES</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDEX DE TAULES</b>	<b>8</b>
<b>PREFACI</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>10</b>
1.1. Composició nutricional del meló i del tomàquet.....	11
1.1. Components bioactius .....	13
1.1.1. Factors que influeixen en la qualitat del meló i del tomàquet.....	17
1.2. Nematodes <i>Meloidogyne incognita</i> .....	18
1.2.1. Danys ocasionats per la infecció de <i>Meloidogyne incognita</i> en el cultiu.....	20
1.3. Ús de l'empelt .....	21
1.4. Efecte de <i>Meloidogyne incognita</i> sobre la qualitat dels fruits. ....	22
<b>2. OBJECTIUS</b>	<b>23</b>
<b>3. MATERIALS I MÈTODES</b>	<b>24</b>
3.1. Material vegetal .....	24
3.2. Disseny experimental .....	25
3.3. Mètodes analítics .....	28
3.3.1. Determinació d' àcid ascòrbic.....	29
3.3.2. Determinació de compostos fenòlics. ....	29
3.3.3. Determinació de carotens.....	30
3.3.4. Determinació de la capacitat antioxidant (ORAC).....	32
3.4. Tractament estadístic.....	34
<b>4. RESULTATS I DISCUSSIÓ</b>	<b>35</b>
4.1. Meló Cantaloupe .....	36
4.1.1. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes sobre el contingut d'àcid ascòrbic. ....	36
4.1.2. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de compostos fenòlics.....	38
4.1.3. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de carotens. ....	40
4.1.4. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en la capacitat antioxidant.....	42
4.2. Tomàquet Durinta .....	43
4.2.1. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut d'àcid ascòrbic. ....	43

---

4.2.2.	Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de compostos fenòlics.....	45
4.2.3.	Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de carotens. ....	47
4.2.4.	Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en la capacitat antioxidant.....	49
4.3.	Correlacions entre els paràmetres analitzats .....	51
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>53</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>54</b>
	<b>WEBS REFERENCIADES</b> .....	<b>59</b>

## Índex de figures

<b>Figura 1:</b> Distribució <i>M. incognita</i> al món.	10
<b>Figura 2:</b> Diferents categories de fitoquímics amb propietats antioxidants.	13
<b>Figura 3:</b> A: Cicle biològic de <i>Meloidogyne spp.</i> en tomàquet. B: Larva de <i>Meloidogyne spp.</i> en segon estadi penetrant a l'arrel. C: Femella adulta i matriu gelatinosa d'ous de <i>Meloidogyne spp.</i>	19
<b>Figura 4:</b> A i B: Nòduls en arrels de tomàquet per l'atac de <i>Meloidogyne incognita</i> . C: Roots of <i>Cucumis</i> plants inoculated with 1000 eggs per seedling. Note heavy galling and poor root development on F, less galling and better root growth on C and D, few small galls on A and E and no galling on B.	20
<b>Figura 5:</b> Disseny experimental empleat a l'hivernacle de l'Agròpolis.	26
<b>Figura 6:</b> Esquema global del tractament de la mostra.	28
<b>Figura 7:</b> Diagrama del procés per determinar els polifenols.	29
<b>Figura 8:</b> Diagrama del procés per determinar la concentració de carotens.	30
<b>Figura 9:</b> Diagrama del procés per determinar la capacitat antioxidant.	32
<b>Figura 10:</b> Distribució dels patrons i els extractes en la microplaca. (F: control fluoresceïna, B: blanc, P: patrons Trolox, E: extractes).	33
<b>Figura 11:</b> Exemple corba de calibratge de patrons Trolox.	33
<b>Figura 12:</b> Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de compostos fenòlics totals del meló Cantaloupe. Cultiu de primavera (groc-taronja) i cultiu d'estiu (verds).	38
<b>Figura 13:</b> Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en la capacitat antioxidant del meló Cantaloupe. Cultiu de primavera (groc-taronja) i cultiu d'estiu (verds).	42

**Figura 14:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de compostos fenòlics totals del tomàquet Durinta. Cultiu de primavera (groc-taronja) i cultiu d'estiu (verds). \_\_\_\_ 45

**Figura 15:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en la capacitat antioxidant del tomàquet Durinta. Cultiu de primavera (groc-taronja) i cultiu d'estiu (verds). \_\_\_\_\_ 49



## Índex de taules

<b>Taula 1:</b> Composició nutricional i principals components bioactius de diferents varietats de meló.	11
<b>Taula 2:</b> Composició nutricional i principals components bioactius de diferents varietats de tomàquet.	12
<b>Taula 3:</b> Característiques i beneficis dels components bioactius en la salut humana.	15
<b>Taula 4:</b> Factors que influeixen a la concentració dels principals components bioactius.	17
<b>Taula 5:</b> Densitats de nematodes en els diferents conreus i cultius.	27
<b>Taula 6:</b> Efecte de l'empelt i la presència de nematodes sobre l'àcid ascòrbic del meló Cantaloupe.	36
<b>Taula 7:</b> Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de carotens del meló Cantaloupe.	40
<b>Taula 8:</b> Efecte de l'empelt i la presència de nematodes sobre l'àcid ascòrbic del tomàquet Durinta.	43
<b>Taula 9:</b> Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de carotens del tomàquet Durinta.	47
<b>Taula 10:</b> Coeficients de correlació Pearson de diferents paràmetres estudiats amb meló Cantaloupe i tomàquet Durinta.	51

## Prefaci

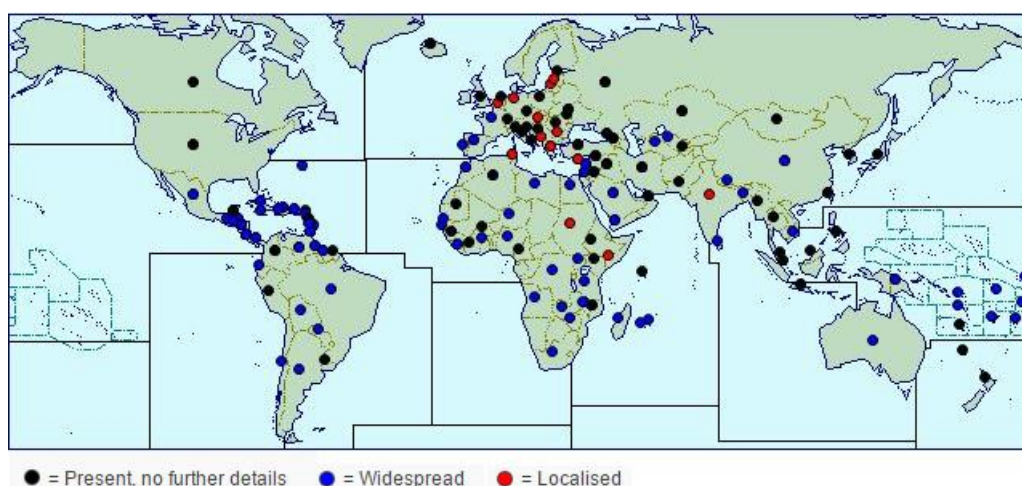
El present estudi s'ha realitzat en el grup de recerca UPC-IRTA de Patologia Vegetal (2014 SGR 397) dins del projecte de recerca AGL2013-49040-C2-1-R: "Efecto de la resistencia de genes R i la inducida por hongos endófitos en la epidemiologia de *Meloidogyne* y la producción y calidad de la cosecha en solanáceas-cucurbitáceas."

Aquest projecte té una durada de tres anys i els resultats que es presenten en aquest treball són els corresponents al segon any de conreu de tomàquet "Durinta" i meló "Cantaloupe" en hivernacle.

## 1. Introducció

Espanya és el primer exportador de fruites i hortalisses de la Unió Europea i un dels tres primers exportadors mundials juntament amb la Xina i els EEUU. Els principals productes exportats són els produïts en hivernacle (tomàquet, pebrot, cogombre), els cítrics, el préssec i la nectarina (MAGRAMA, 2017), sent el tomàquet un dels més importants en l'àmbit econòmic, amb una producció de quasi 4 milions de tones, l'any 2013. Un altre cultiu rellevant a escala mundial i estatal és el del meló, amb una producció d'aproximadament 900 mil tones (any 2013), ocupant Espanya la setena posició mundial de país productor (FAO, 2017).

Un dels principals perills que han d'afrontar aquests cultius i que provoca pèrdues anuals d'entre 11 i 14% són els nematodes fitoparàsits (Guzmán et al., 2012). Aquests representen una de les plagues més importants en agricultura, ja que no només es veu afectat negativament el rendiment vegetatiu sinó que també la qualitat del fruit es pot veure afectada. Dins del filo dels nematodes, una de les espècies més esteses a tot el món i amb amplis rangs d'hostes és *Meloidogyne incognita* amb pèrdues de cultius estimades entre el 18 i 33% en el cas del meló i entre el 24 i 38% en el cas del tomàquet (Sasser, 1980). En la Figura 1 es pot veure la distribució de *Meloidogyne incognita* al món.



**Figura 1:** Distribució *M. incognita* al món. (Font: (CABI, 2017). Recuperat de:

<http://www.cabi.org/isc/datasheet/33245#toPictures>)

## 1.1. Composició nutricional del meló i del tomàquet

El meló és un fruit amb un contingut d'aigua superior al 90%, menys d'un 1% de greixos i proteïnes i entre el 6-9% d'hidrats de carboni (Taula 1). Pel que fa als micronutrients cal destacar la vitamina C i de minerals, el potassi i en menor mesura el ferro, el fòsfor i el magnesi. No s'ha d'oblidar l'elevat contingut de  $\beta$ -carotè, carotenoide majoritari del meló, en especial la varietat Cantaloupe que supera els 2000  $\mu\text{g}$  en 100 g de matèria fresca. Comparant amb les altres varietats aquesta també té el contingut més gran d'àcid ascòrbic i vitamina A.

**Taula 1:** Composició nutricional i principals components bioactius de diferents varietats de meló.

Valor per 100 g de matèria fresca	Meló cantaloupe (USDA)	Meló (BEDCA)	Meló honeydew (USDA)
<b>NUTRIENTS (g)</b>			
Aigua	90,15	92,4	89,82
Energia (Kcal)	34	27	36
Proteïna	0,84	0,6	0,54
Lípids totals	0,19	Traça	0,14
Carbohidrats, per diferència	8,16	6	9,09
Fibra	0,9	1	0,8
Sucres totals	7,86	-	8,12
<b>MINERALS (mg)</b>			
Calci, Ca	9	14	6
Ferro, Fe	0,21	0,4	0,17
Magnesi, Mg	12	17	10
Fòsfor, P	15	18	11
Potassi, K	267	320	228
Sodi, Na	16	14	18
Zinc, Zn	0,18	0,1	0,09
<b>VITAMINES (<math>\mu\text{g}</math>)</b>			
Àcid ascòrbic total (mg)	36,7	25	18,0
Vitamina A, RAE	169	4	3
$\beta$ -carotè	2020	-	30

(Font 1: National Nutrient Data Base (USDA, 2016). Font 2: Base de dades Española de Composició d'aliments (BEDCA, 2016))

El tomàquet també és un aliment molt ric en aigua (94%) i deficitari en proteïna i greixos. La concentració de carbohidrats està al voltant del 4% i com en el cas del meló, té alts nivells de potassi. Les vitamines que es troben en més concentració són la A, B, C, E i K i el carotenoide majoritari és el licopè, responsable del color vermell del tomàquet. Aquests nivells però varien en funció de la varietat de tomàquet (veure en Taula 2).

**Taula 2:** Composició nutricional i principals components bioactius de diferents varietats de tomàquet.

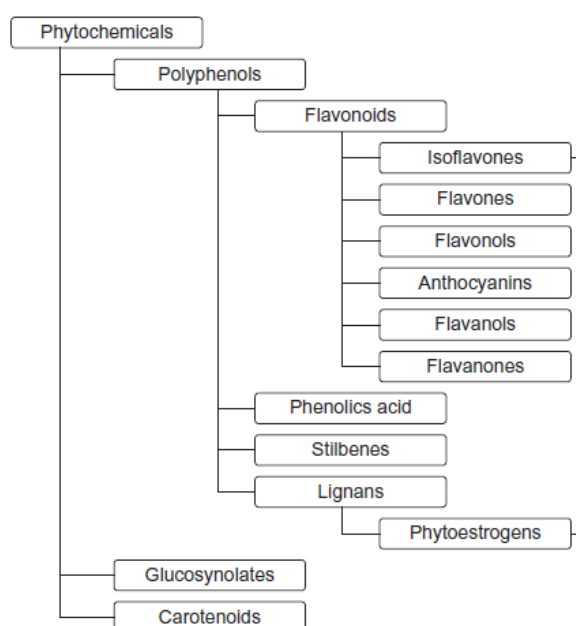
Valor per 100 g de matèria fresca	Tomàquet (USDA)	Tomàquet (BEDCA)	Tomàquet (Hernández 2013)
<b>NUTRIENTS (g)</b>			
Aigua	94,52	93,9	94,70
Energia (Kcal)	18	19	13,4
Proteïna	0,88	0,9	1,0
Lípids totals	0,20	0,1	0,10
Carbohidrats, per diferència	3,89	3,5	-
Fibra	1,2	1,1	1,60
Sucres totals	2,36	-	-
<b>MINERALS (mg)</b>			
Calci, Ca	10	11	8
Ferro, Fe	0,27	0,5	0,30
Magnesi, Mg	11	10	10
Fòsfor, P	24	22	-
Potassi, K	237	236	-
Sodi, Na	5	18	6
Zinc, Zn	0,17	0,5	0,2
<b>VITAMINES (µg)</b>			
Àcid ascòrbic total (mg)	13,7	19	18
Licopè	2.573	-	4.000
β-carotè	449	-	340

(Font 1: National Nutrient Data Base (USDA, 2016). Font 2: Base de dades Española de Composició d'aliments (BEDCA, 2016). Font 3: (Hernández, 2013))



## 1.1. Components bioactius

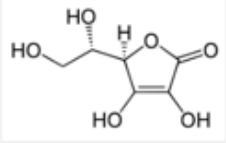
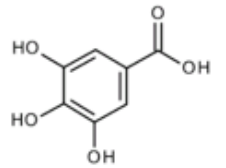
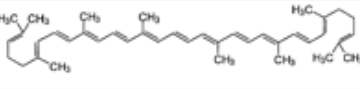
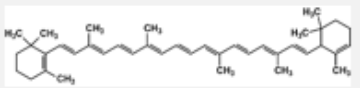
L'alimentació ha estat una de les necessitats i preocupacions fonamentals de l'home. Antigament es creia que només era essencial pel lliurament dels nutrients i energia necessària per mantenir els processos vitals, avui impera el concepte d'una alimentació saludable i equilibrada. Per aquesta raó els aliments funcionals han pres gran importància en l'alimentació actual, ja que a més de nodrir, aporten alguns compostos amb propietats fisiològiques per a la salut humana. Els aliments estan formats per un gran nombre de substàncies que es classifiquen principalment en tres tipus: nutrients, compostos indesitjables o antinutricionals i compostos bioactius (Urango et al. , 2008). Aquestes substàncies bioactives amb caràcter antioxidant poden ser nutritives, com la vitamina C, o no nutritives com els carotens i els compostos fenòlics (compostos que confereixen característiques sensorials). Malgrat no tenir una funció nutricional clàssicament definida, aquests compostos, coneguts també, com a fitoquímics (Figura 2), poden tenir un impacte significatiu en la reducció del risc de certs tipus de càncer, malalties cardiovasculars i altres malalties cròniques (Ajila et al. , 2007). En la Taula 3 es presenten els beneficis, que aporten els components bioactius més rellevants del meló Cantaloupe i del tomàquet, sobre la nostra salut.



**Figura 2:** Diferents categories de fitoquímics amb propietats antioxidants.

(Font: (Blasa et al. , 2010))

**Taula 3:** Característiques i beneficis dels components bioactius en la salut humana.

		CARACTERÍSTIQUES PRINCIPALS	FÓRMULA	BENEFICIS PER LA SALUT	REFERÈNCIES
COMPOSTOS BIOACTIUS	Àcid ascòrbic	La majoria dels vegetals sintetitzen àcid ascòrbic (AA), a partir de la glucosa; però, els primats no són capaços de fer això, ja que són deficients en la gulonolactona enzim oxidasa, que està implicat en la síntesi d'AA. Per tant, la vitamina C és una vitamina essencial i ha de ser introduïda amb verdures i fruites fresques. Té caràcter hidrofílic.	 <p>Àcid ascòrbic (Vitamina C)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Implicat en diversos processos metabòlics: hormones corticosteroides, àcids biliars, carnitina, prostaglandines, histamina, col·lagen, ferro, tiroxina, i alguns neurotransmissors.</li> <li>-Millora la resposta immune i afavoreix l'eliminació de xenobiòtics i radicals.</li> </ul>	(Blasa et al. , 2010)
	Polifenols	Aquestes molècules són metabòlits secundaris (fitoquímics) de plantes; que contribueixen a les qualitats organolèptiques, el color i la defensa contra els atacs de patògens. Els polifenols es troben preferentment en les capes més superficials de verdures, fruites, cereals i altres llavors, per protegir de l'oxidació dels teixits de les capes inferiors. Tenen caràcter hidrofílic.	 <p>Àcid gàl·lic (exemple de polifenol)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Antioxidant, poden reduir la peroxidació dels lípids.</li> <li>-Disminueixen la incidència de càncer en humans i en carcinogènesi experimental.</li> <li>-Anticoagulants</li> <li>-Antimicrobians</li> <li>-Immunostimulants i reguladors de la pressió arterial i de la glucèmia.</li> </ul>	(Urango et al., 2008) (Blasa et al. , 2010) (Palencia Mendoza, 2011)
	Carotens	<p>Els carotenoides són un grup de pigments vegetals liposolubles àmpliament distribuïts. Per produir coloracions intenses, necessiten almenys set enllaços dobles conjugats.</p> <p>El licopè és el responsable del color vermell característic del tomàquet, el qual es considera la millor font d'aquest compost i és el precursor de tots els carotenoides, ja que es formen a partir de la ciclació de la seva estructura i subsegüent hidroxilació de carbonis específics.</p> <p>El <math>\beta</math>- carotè es troba en gairebé totes les fruites i hortalisses de color ataronjat, així com en les verdures (fulles verdes), constituint un precursor de la Vitamina A.</p>	 <p>Licopè</p>  <p><math>\beta</math>- carotè</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Redueixen el risc de malalties cardiovasculars i de diversos tipus de càncer, especialment de pròstata, pulmó i tracte digestiu.</li> <li>-Afavoreixen la formació d'anticossos.</li> <li>- Redueixen el risc de cataractes i degeneració macular.</li> <li>-Potencien de la resposta immune.</li> <li>-Antioxidant</li> </ul>	(Urango et al. , 2008) (Blasa et al. , 2010) (Palencia Mendoza, 2011)

### 1.1.1. Factors que influeixen en la qualitat del meló i del tomàquet.

Són molts els factors agronòmics, ambientals o fisiològics que poden tenir un efecte sobre la qualitat nutricional i les característiques sensorials del meló i del tomàquet. A continuació en la Taula 4 es mostren alguns d'aquests factors.

**Taula 4:** Factors que influeixen a la concentració dels principals components bioactius.

	FACTORS		REFERÈNCIES
	MELÓ	TOMÀQUET	
<b>Àcid ascòrbic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Temperatures elevades (↓ contingut)</li> <li>-Exposició a la llum (↓ contingut)</li> <li>-Oxigen (↓ contingut)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Maduresa (↑ contingut)</li> <li>-Temperatura (↑ el contingut entre 27 i 30 °C)</li> </ul>	(Casierra, 2008) (Romojaro, 2003)
<b>Compostos fenòlics</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Varietat botànica</li> <li>-Maduresa (↓ contingut)</li> <li>-Condicions d'emmagatzematge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Varietat botànica</li> <li>-Condicions climàtiques</li> <li>-Fertilització</li> <li>-Reg</li> <li>-Condicions d'emmagatzematge</li> <li>-Maduresa (↓ contingut)</li> </ul>	(Casierra, 2008) (Ghasemnezhad, 2011)
<b>Carotenoides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alts nivells de K en el fruit (↑ contingut)</li> <li>-Maduresa (↑ contingut)</li> <li>-Temperatures inferiors a 12°C (↑ contingut)</li> <li>-Exposició a la llum (↑ contingut)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Maduresa (↑ el contingut)</li> <li>-Varietat botànica</li> <li>-Condicions de cultiu</li> <li>-Tipus de sòl</li> <li>-Clima</li> <li>-Emmagatzematge</li> <li>-Exposició a la llum</li> <li>-Oxigen</li> <li>-pH extrems</li> </ul>	(Steinmetz, 1996) (Ordóñez et al. , 2009) (Hernández, 2013) (Rodríguez-Amaya, 2004)



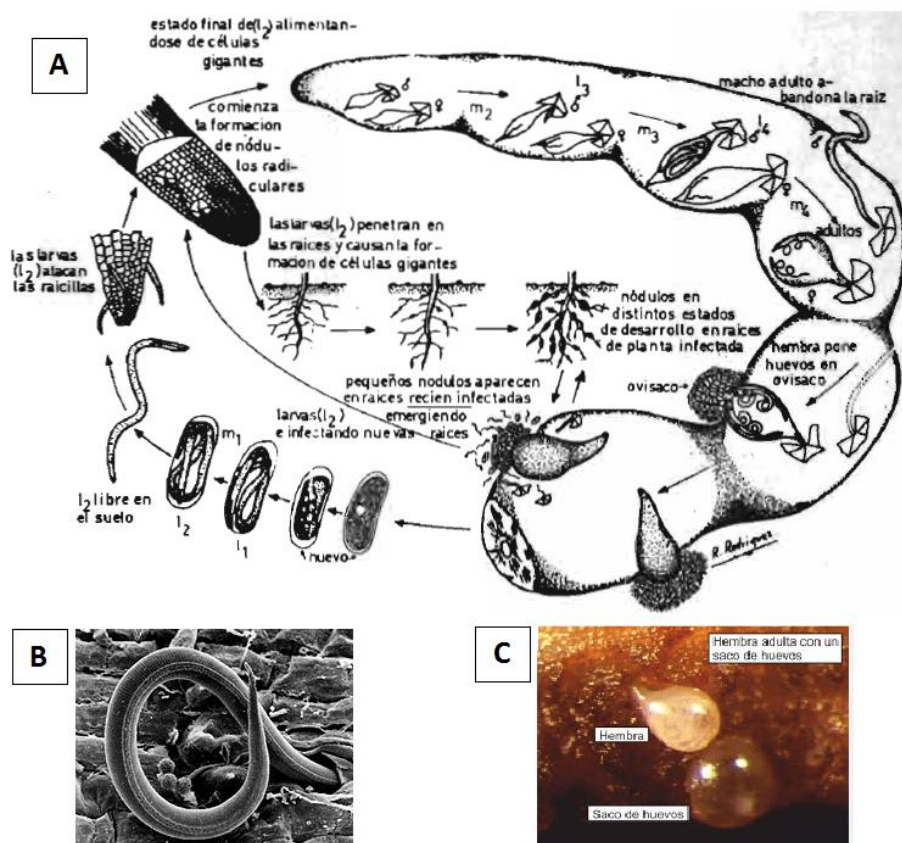
## 1.2. Nematodes *Meloidogyne incognita*

El gènere de nematodes *Meloidogyne*, formadors de nòduls en les arrels, té una ampla gama d'hostatges que s'estén a més de 2000 espècies de plantes (Castagnone, 2002). Entre les espècies del gènere, *M. incognita* és la de major incidència a nivell mundial i afecta a cultius de gran importància econòmica. D'acord el seu hàbit d'alimentació, es classifica com a nematode endoparàsit sedentari, ja que penetra completament dins el sistema radicular i manté un lloc fix d'alimentació (Guzmán, 2012).

El cicle de vida (Figura 3: A) s'inicia amb l'eclosió dels ous i seguidament la invasió de l'arrel pels estadis infectius (Figura 3: B). Aquests penetren en les arrels per la zona d'elongació d'aquestes. Trenquen les cèl·lules epidèrmiques i es mouen a través de l'escorça fins a la zona de diferenciació del xilema. Quasi immediatament després de la seva entrada, els nematodes estimulen la formació de nòduls engrandint i multiplicant les cèl·lules que componen els teixits de l'escorça i el pericicle de l'arrel. Els nematodes creixen mentre que les cèl·lules vasculars es transformen en cèl·lules de pas gegants sobre les quals s'alimentaran els nematodes (Ramos, 1989).

Poc després d'haver iniciat l'alimentació, nematodes comencen a immobilitzar-se. A l'interior dels teixits pateixen 3 mudes, fins a arribar a la seva maduresa sexual. Els mascles abandonen l'arrel i les femelles comencen a engrossir el seu cos. Com a resultat d'aquest engrossiment es produeix la ruptura dels teixits quedant connectat amb el seu estilet al lloc d'alimentació i la resta del cos exposat a la superfície de l'arrel (Gómez, 2005). Els ous també queden a l'exterior dels teixits, immersos en una matriu gelatinosa (Figura 3: C), fins a la seva eclosió. La producció d'ous és un procés molt perjudicial per a la planta infectada. La formació dels mateixos suposa una gran demanda d'aigua i nutrients. A més a més, els ous suporten condicions d'estrès d'humitat, per tant les arrels infectades poden retenir nematodes reproduint-se durant llargs períodes després de la recol·lecció.

La duració del cicle varia segons l'hoste, espècie de nematode i les condicions ambientals. En hosts favorables i sòls càlids (25-30°C) el cicle de vida dura entre 3 i 4 setmanes (Ramos, 1989). Per contra, a temperatures superiors a 40°C o per sota de 5°C l'activitat disminueix considerablement (Taylor, 1983).



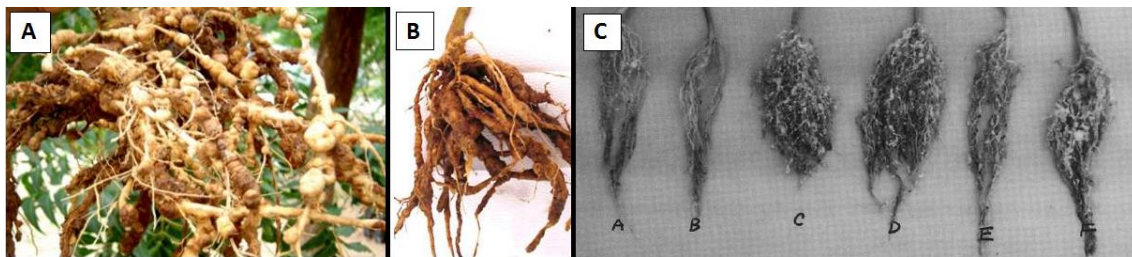
**Figura 3:** A: Cicle biològic de *Meloidogyne* spp. en tomàquet. (Font: (Ramos, 1989)). B: Larva de *Meloidogyne* spp. en segon estadi penetrant a l'arrel. (Font: (Aguilera, 2011). Recuperat de: <http://elhocino-adra.blogspot.com.es/2011/04/sorpresas-bajo-las-mantas.html>). C: Femella adulta i matriu gelatinosa d'ous de *Meloidogyne* spp. (Font: (Aguilera, 2011). Recuperat de: <http://elhocino-adra.blogspot.com.es/2011/04/sorpresas-bajo-las-mantas.html>)

### 1.2.1. Danys ocasionats per la infecció de *Meloidogyne incognita* en el cultiu.

Els símptomes primaris més importants causats per *Meloidogyne spp.* en el sistema radicular són:

- Eскурçament i deformació de les arrels. Les arrels infectades són molt més curtes que les arrels sanes, tenen menys arrels laterals i menys pèls radiculars. Els elements vasculars en els nòduls es trenquen i es deformen interrompent el flux normal d'aigua i nutrients.
- Disminució de l'eficiència radicular. La deformació i la ineficiència de les arrels causa paralització del creixement, pansiment i altres símptomes propis de la deficiència d'aigua i nutrients, encara que aquests abundin en el sòl. El creixement de la planta també disminueix (Taylor, 1983).

En la Figura 4 es poden observar els símptomes produïts per la presència de *Meloidogyne spp* mencionats en aquest apartat.



**Figura 4:** A i B: Nòduls en arrels de tomàquet per l'atac de *Meloidogyne incognita*. (Font: (Ramirez, 2014)). C: Roots of *Cucumis* plants inoculated with 1000 eggs per seedling. Note heavy galling and poor root development on F, less galling and better root growth on C and D, few small galls on A and E and no galling on B. (Font: (Nugent, 1997)).

A més a més d'aquests danys directes mencionats que els nematodes causen a la planta, també hi ha danys indirectes, ja que la infecció per *Meloidogyne* provoca una predisposició de la planta a l'atac d'altres microorganismes patògens com fongs, bacteris i virus que penetren la planta a través de les ferides ocasionades pel dany mecànic produït pel nematode.

### 1.3. Ús de l'empelt

La creixent preocupació pels residus de pesticides en la cadena alimentària, els riscos per a la salut humana d'aquests, l'impacte advers sobre el medi ambient i l'augment del cost, les limitacions o la prohibició dels nematicides ha reduït el seu ús i ha donat lloc a l'aplicació de mètodes alternatius, com l'ús de l'empelt, pel control dels nematodes (Moens, 2011). Aquests ha demostrat ser una eina eficaç per augmentar el rendiment, la resistència a malalties, la qualitat del fruit, la tolerància a l'estrès abiòtic i per millorar l'absorció d'aigua o nutrients (Gisbert et al. , 2011). Diferents autors han estudiat l'efecte de l'empelt en la concentració de compostos bioactius dels fruits. Gisbert et al. (2011) varen observar que el contingut total de compostos fenòlics en albergínies empeltades era significativament més alt (550 mgkg<sup>-1</sup>) en comparació amb les no empeltades (419 mgkg<sup>-1</sup> ). Rouphael et al. (2010). en el seu article cita a diferents autors com: Proietti et al. (2008), Fernández-García et al. (2004) i Davis et al. (2008) que respectivament van comprovar que el contingut total de vitamina C per a les plantes de mini-síndria empeltades va ser superior en un 7% a les no empeltades; que la concentració de licopè dels tomàquets empeltats s'havia duplicat respecte als no empeltats i que l'ús de l'empelt en síndria augmentava en un 20% la concentració de licopè i de carotenoides totals.

Cal remarcar la informació contradictòria que es troba sobre els canvis en la qualitat de la fruita a causa de l'ús de l'empelt. Les diferències en els resultats reportats poden ser atribuïbles en part als diferents mètodes de producció, entorns, tipus de combinacions patró/varietat utilitzats, i data de collita (Rouphael et al. , 2010).

#### **1.4. Efecte de *Meloidogyne incognita* sobre la qualitat dels fruits.**

*Meloidogyne incognita*, segons Melakeberhan et al. (1984), influeix sobre el creixement, fisiologia i contingut de nutrients en *Phaseolus vulgaris*. En el seu estudi van observar que el pes total de la planta, la taxa fotosintètica i el contingut de clorofil·la es veien significativament disminuïts en comparació als controls. Els minerals que es van veure més afectats per l'augment del nivell d'infestació de nematodes van ser el ferro, coure i zinc en l'arrel, i els més afavorits el calci, coure i ferro en planta i potassi en arrel.

En relació amb la qualitat dels fruits, quant a composició de bioactius, no s'han trobat estudis que tractin la influència dels nematodes sobre el seu contingut. És per això, que s'ha dut a terme aquest estudi, que conjuntament amb el realitzat durant el primer any d'experimentació (Nogales, 2016) ens permetrà conèixer una mica més els efectes causats en el valor nutricional i concretament en els compostos bioactius de la presència de *Meloidogyne spp.*

## 2. Objectius

L'objectiu general d'aquest treball ha estat estudiar l'efecte de la presència de nematodes (*Meloidogyne incognita*) i de l'ús d'empelts en el contingut de compostos bioactius en meló Cataloupe varietat Paloma i tomàquet varietat Durinta conreats en hivernacle.

### 3. Materials i mètodes

#### 3.1. Material vegetal

Meló: el meló seleccionat per la realització del present treball fora *Cantaloupe* varietat Paloma, pertanyent a la família *Cucurbitaceae* i científicament conegut com a *Cucumis melo*. El fruit de la varietat esmentada presenta una forma esfèrica o lleugerament aixafada, una pell fina, reticular de color groc-verdós i una carn ataronjada i d'aroma característic.

Tomàquet: la varietat de tomàquet (*Solanum lycopersicum*) utilitzada va ser la Durinta, de la casa comercial Seminis. Aquesta varietat produeix ramells d'entre set i vuit fruits de secció arrodonida i fort peduncle.

Portaempelt o patró: el portaempelt elegit en el cultiu de meló Cantaloupe va estar *Cucumis metuliferus*, també pertanyent a la família *Cucurbitaceae*. Es va escollir aquesta espècie degut a la seva alta resistència enfront la formació d'agalles, necrosis de l'arrel i la reproducció de *Meloidogyne incògnita* (Nugent, 1997). *Cucumis metuliferus* també pot fer front a *M. hapla*, *M. javanica* i *M. arenaria* (Galatti et al. , 2013). El fet d'utilitzar un portaempelt de la mateixa espècie que la varietat fa que el risc d'incompatibilitat i efectes negatius en la qualitat del fruit disminueixin considerablement.

Pel que fa al cultiu de tomàquet el portaempelt seleccionat va estar Alligator (híbrid entre *Solanum lycopersicum* i *Solanum spp.*) de la casa comercial Gautier. Aquest portaempelt es caracteritza per tenir un fort sistema d'arrels amb un bon comportament enfront nematodes i *Verticillium*.

### 3.2. Disseny experimental

El cultiu de meló i tomàquet es va realitzar en un hivernacle d'uns 700 m<sup>2</sup> de superfície dins les instal·lacions de l'Agròpolis, situat a Viladecans (Baix Llobregat). El disseny de camp es va seccionar en 4 grups segons si havien estat o no empeltats i si havien estat inoculats amb *Meloidogyne incognita* o no.

**Grup 1:** Varietat (no empeltat) – sense nematodes.      **Grup 3:** Varietat (no empeltat) – amb nematodes.

**Grup 2:** Patró (empeltat) – sense nematodes.      **Grup 4:** Patró (empeltat) – amb nematodes.

La superfície de cultiu es va dividir en dos sectors, en funció de si s'havien inoculat amb nematodes o no, separats 2 m l'un de l'altre i dividits en 10 parcel·les cadascuna. Aquestes parcel·les s'agrupaven de la 1 a la 5, si no havien estat empeltades, i de la 6 a la 10, s'hi presentaven empelt. Dins de cada parcel·la, de dimensions 1,1 x 2 m, hi havia un total de 8 plantes disposades en dues files, 4 plantes per fila, separades 0,5 m entre elles i 1,1 m entre les files. A la Figura 5 es pot veure un esquema del disseny de camp explicat.

La nomenclatura utilitzada queda exemplificada a continuació.

**B4-5 →**      B: sense nematodes.  
                   4: varietat.  
                   5: número de planta dins la parcel·la.

En el cas del tomàquet alhora de la collita es va escollir el tercer pom de cada planta per fer l'anàlisi i en el cas del meló es va esperar que tinguessin uns 12° Brixs per la seva recol·lecció i posteriors anàlisis.

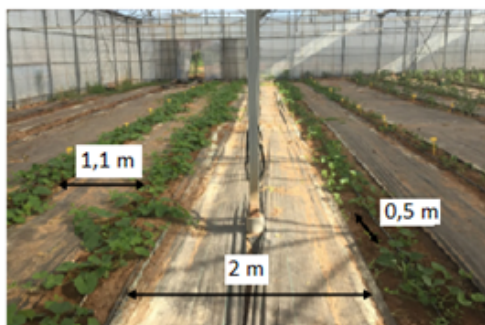
Tot el treball de camp va estar realitzat per altres membres del grup de recerca UPC-IRTA de Patologia Vegetal (2014 SGR 397).



B: SENSE NEMATODES			
P A T R Ó	1		5
	2		6
	3	B10	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	B9	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	B8	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	B7	7
	4		8
C: AMB NEMATODES			
P A T R Ó	1		5
	2		6
	3	C10	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	C9	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	C8	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	C7	7
	4		8
D: SENSE NEMATODES			
P A T R Ó	1		5
	2		6
	3	D10	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	D9	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	D8	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	D7	7
	4		8
E: AMB NEMATODES			
P A T R Ó	1		5
	2		6
	3	E10	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	E9	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	E8	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	E7	7
	4		8
B: SENSE NEMATODES			
V A R I E T A T	1		5
	2		6
	3	B5	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	B4	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	B3	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	B2	7
	4		8
C: AMB NEMATODES			
V A R I E T A T	1		5
	2		6
	3	C5	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	C4	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	C3	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	C2	7
	4		8
D: SENSE NEMATODES			
V A R I E T A T	1		5
	2		6
	3	D5	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	D4	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	D3	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	D2	7
	4		8
E: AMB NEMATODES			
V A R I E T A T	1		5
	2		6
	3	E5	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	E4	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	E3	7
	4		8
	1		5
	2		6
	3	E2	7
	4		8
B: SENSE NEMATODES			
	1		5
	2		6
	3		7
	4		8
C: AMB NEMATODES			
	1		5
	2		6
	3		7
	4		8
D: SENSE NEMATODES			
	1		5
	2		6
	3		7
	4		8
E: AMB NEMATODES			
	1		5
	2		6
	3		7
	4		8

Cultiu tomàquet primavera i cultiu meló estiu

Cultiu meló primavera i cultiu tomàquet estiu

**Figura 5:** Disseny experimental emprat a l'hivernacle de l'Agròpolis. (Elaboració pròpia).

L'experiment es va dur a terme fent una rotació de cultius, de manera que a la parcel·la on s'havia cultivat meló en el cultiu de primavera passava a cultivar-s'hi tomàquet en el cultiu d'estiu i viceversa.

Els dos cultius realitzats, primavera i estiu, van tenir la següent duració:

- Cultiu de primavera: d'abril a juliol.
- Cultiu d'estiu: d'agost a octubre.

La Taula 5, que es troba a continuació, mostra la població de nematodes per parcel·la en els dos cultius realitzats. S'aprecia un clar augment de la densitat en el cultiu d'estiu respecte al de primavera, tant en meló Cantaloupe com en tomàquet Durinta.

**Taula 5:** Densitats de nematodes en els diferents conreus i cultius.

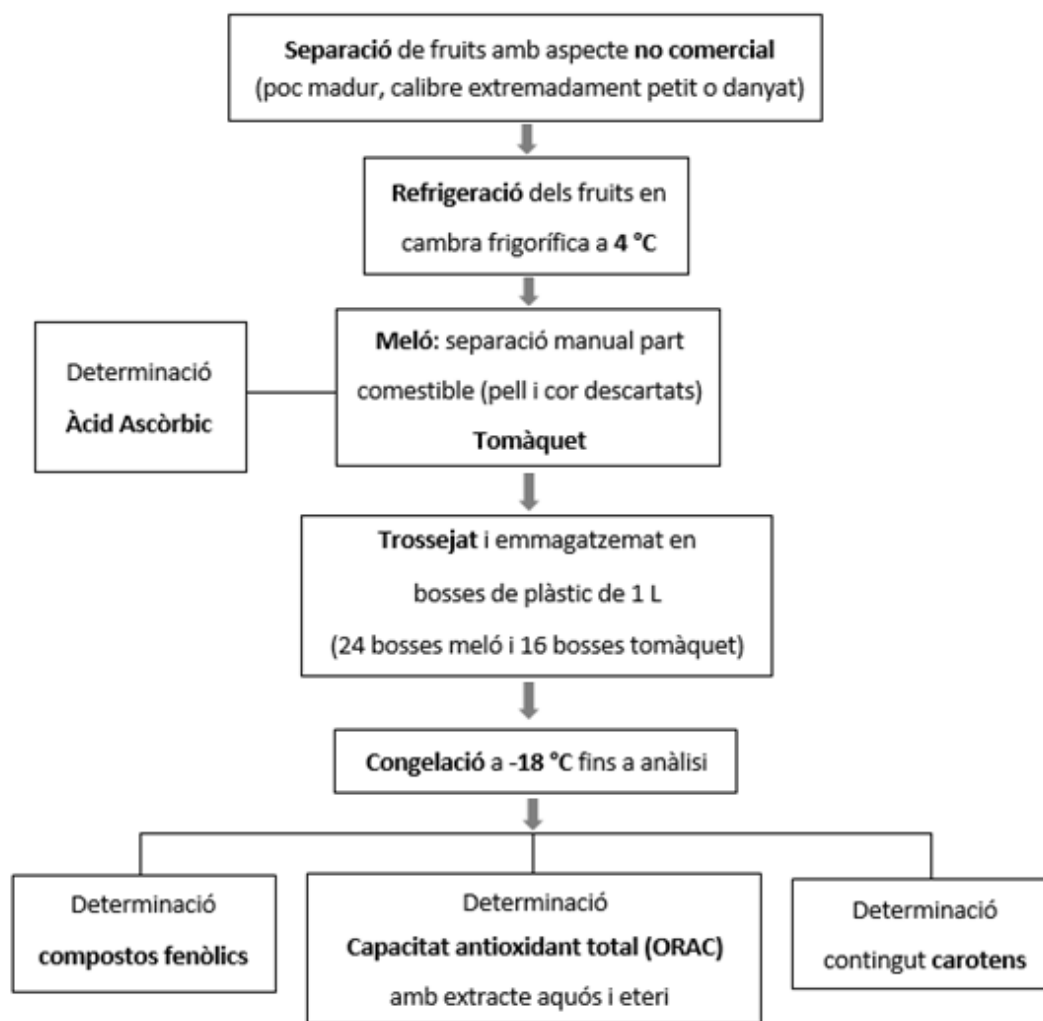
Cultiu de primavera (250 cm <sup>3</sup> )									
PATRÓ	10	0	0	1000	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	84	48	0	715	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	98	0	32	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	56	0
VARIETAT	5	0	0	0	76	0	15	0	0
	4	0	0	0	1000	0	0	0	0
	3	0	0	0	1000	18	0	0	0
	2	0	0	94	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	832	0	0
		E	D	E	D	E	D	E	D
B: sense nematodes				C: amb nematodes		D: sense nematodes		E: amb nematodes	
TOMÀQUET					MELÓ				

		Cultiu d'estiu (250 cm <sup>3</sup> )							
PATRÓ	10	60	0	1581	3240	0	0	80,5	542,5
	9	0	0	5319	12258	0	0	273	362,5
	8	0	0	3772	4845	0	28	204	377
	7	0	42	3201	2047,5	0	0	16	198
	6	0	0	3000	8608	20	0	100	112
VARIETAT	5	7306	0	2040	3824	0	135	1395	0
	4	0	4750	3285	5062,5	0	0	510	137,5
	3	46	3546,5	3423,5	2060	0	0	11	175
	2	663	69	4602	4657,5	241,5	0	52,5	27
	1	370	341	4025	6160	0	0	442	572
		E	D	E	D	E	D	E	D
		B: sense nematodes		C: amb nematodes		D: sense nematodes		E: amb nematodes	
		MELÓ				TOMÀQUET			

**Nota:** Aquestes dades van ser proporcionades per altres membres del grup de recerca UPC-IRTA de Patologia Vegetal (2014 SGR 397).

### 3.3. Mètodes analítics

Un cop acabada la recol·lecta es van seleccionar aquells tomàquets i melons de mida comercial i en el seu òptim de maduresa i es van emmagatzemar en una cambra frigorífica a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . A continuació es va procedir a la seva anàlisi. En el cas de la determinació de l'àcid ascòrbic es va fer sobre mostra fresca, en canvi la determinació de carotens, fenols i capacitat antioxidant es va fer sobre mostra congelada (Figura 6).



**Figura 6:** Esquema global del tractament de la mostra. *(Elaboració pròpia).*

### 3.3.1. Determinació d' àcid ascòrbic.

L'àcid ascòrbic va ser quantificat pel mètode adaptat de Tillmans (1988). AOAC 967.21. La quantificació es basa amb una volumetria redox que té com a reactiu valorant DCPI (2,6-diclorofenolindofenol).

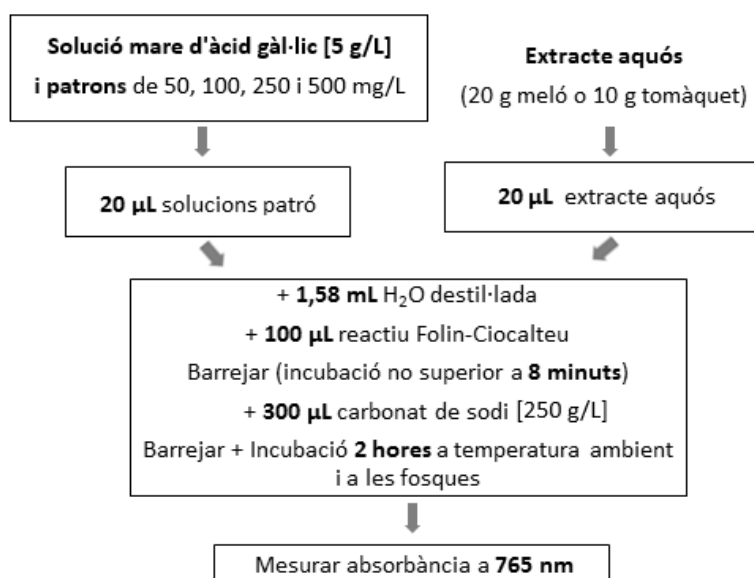


Prèviament es va realitzar una estandardització del DCPI amb una solució d'àcid ascòrbic (0,1 g/L). Cada mostra es va realitzar per triplicat. Els resultats de la valoració s'han expressat com a mg d'àcid ascòrbic / 100 g de mostra fresca.

### 3.3.2. Determinació de compostos fenòlics.

Per analitzar el contingut de fenols totals es va utilitzar un protocol de microescala per colorimetria Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2002). Es basa en l'oxidació dels fenols per l'acció del reactiu Folin-Ciocalteu.

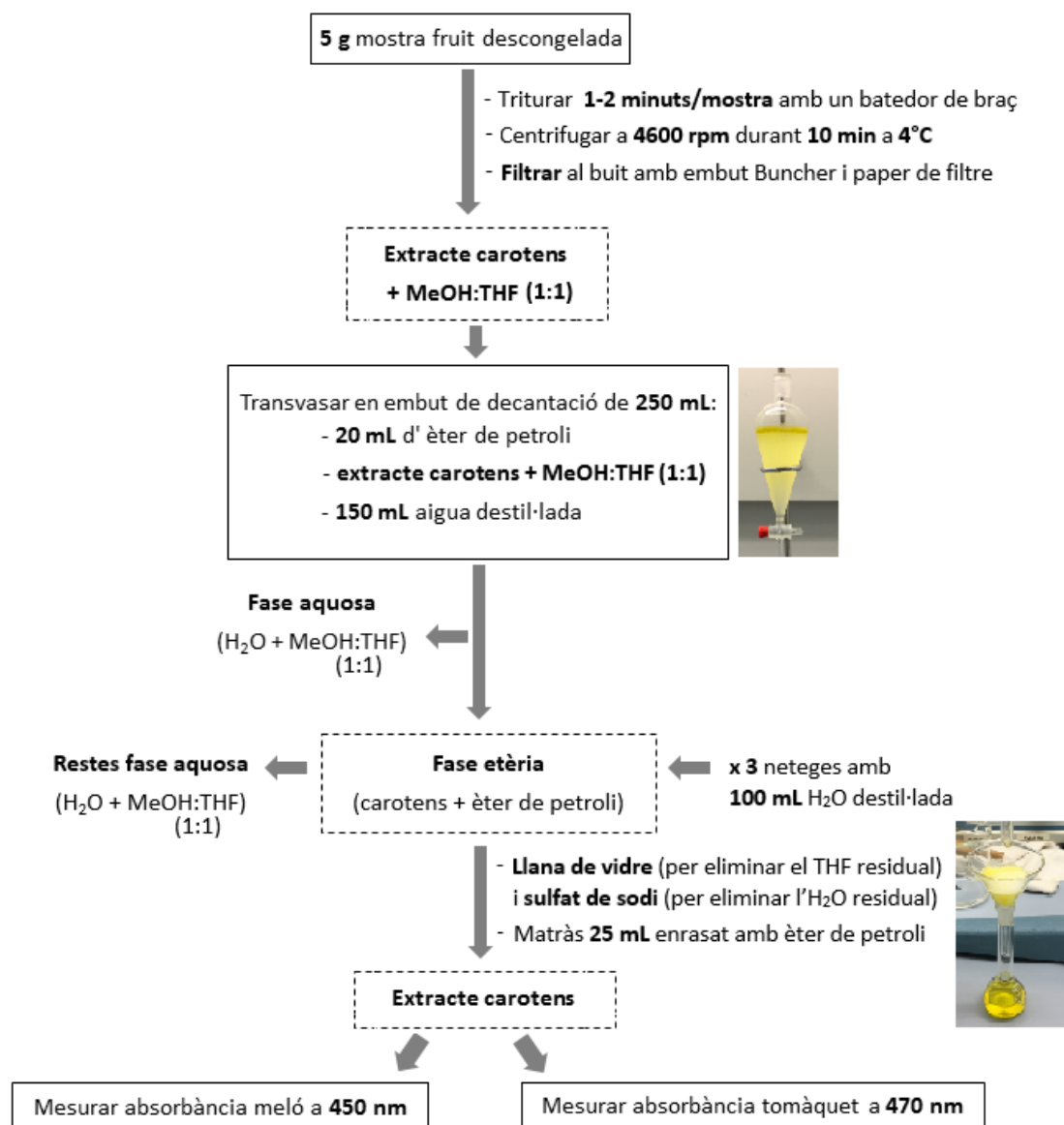
Les solucions patró d'àcid gàl·lic i els extractes aquosos procedents de la determinació de l'àcid ascòrbic, van ser mesurats amb l'espectrofotòmetre Nicolet Evolution 300 Thermo Electron Corporation a una  $\lambda = 765$  nm i per duplicat. L'absorbància del blanc es va restar de totes les lectures. Els resultats s'ha expressat en mg d'àcid gàl·lic equivalent / 100 g de mostra fresca. El procediment seguit es pot observar en la Figura 7.



**Figura 7:** Diagrama del procés per determinar els polifenols. (Elaboració pròpia).

### 3.3.3. Determinació de carotens.

El mètode utilitzat per la quantificació de carotens va ser una adaptació del proposat per Rodriguez (2004). Les tres etapes que formen la determinació dels carotenoides són: extracció, partició amb èter de petroli i quantificació. Les mostres es van analitzar per duplicat. El procés queda representat en la Figura 8.



**Figura 8:** Diagrama del procés per determinar la concentració de carotens. *(Elaboració pròpia).*

### 3.3.3.1. Quantificació de carotens.

El valor del coeficient d'absorció depèn del tipus de carotè estudiat i del tipus de dissolvent emprat. En aquest estudi, els dos carotenoides analitzats han estat el  $\beta$ -carotè, per ser el predominant en el meló, i el licopè, per ser el majoritari en el tomàquet, i com a dissolvent es va utilitzar l'èter de petroli.

Per calcular el contingut total de carotens en ( $\mu\text{g}$   $\beta$ -carotè o licopè /100 g mostra fresca) es va utilitzar la fórmula següent:

$$\frac{A * \text{Volum (mL)} * 10^4}{A_{1\text{ cm}}^{1\%} * \text{Pes mostra (g)}} * 100$$

On:

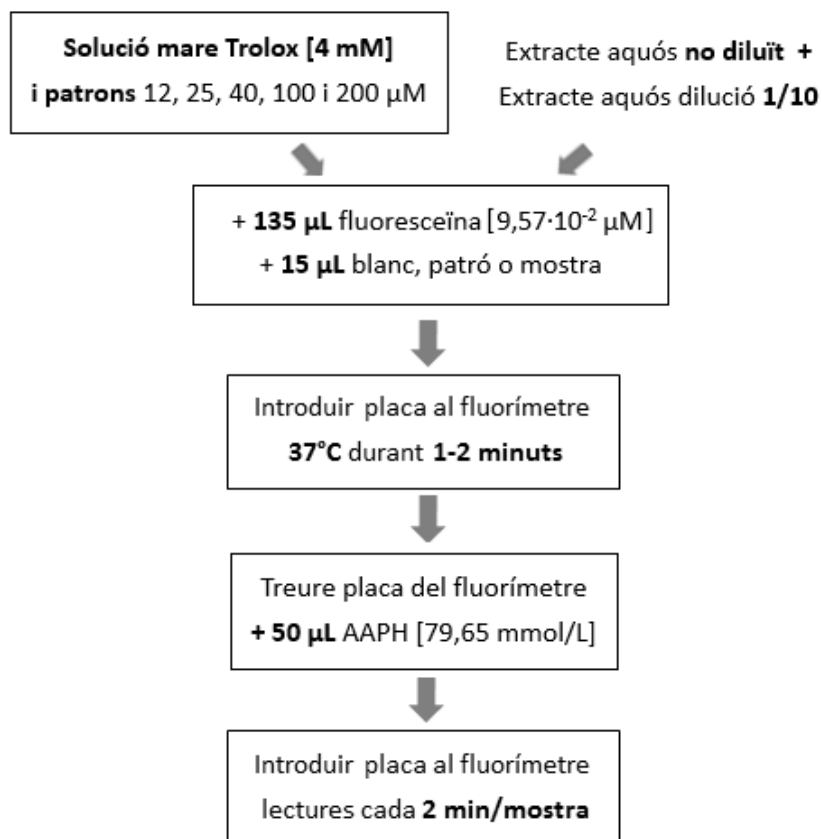
**A:** absorbància mostra.

**Volum:** volum total de l'extracte (25 mL).

**$A_{1\text{ cm}}^{1\%}$**  : Els coeficients d'absorció en èter de petroli del  $\beta$ -carotè i del licopè son respectivament 2592 i 3450 ).

### 3.3.4. Determinació de la capacitat antioxidant (ORAC).

Per a mesurar l'activitat antioxidant es va utilitzar el mètode ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay) amb els extractes aquosos utilitzats per determinar l'àcid ascòrbic, mantinguts en congelació i protegits de la llum fins a la seva anàlisi. El procés realitzat queda representat en la Figura 9.



**Figura 9:** Diagrama del procés per determinar la capacitat antioxidant. *(Elaboració pròpia).*

L'anàlisi tenia una durada de dues hores en el cas dels extractes diluïts i de tres hores en els extractes sense diluir. La fluorescència de la mostra es va mesurar a una longitud d'ona d'excitació i emissió de 485 i 520 nm, respectivament i a una temperatura de 37°C. L'equip utilitzat va estar el fluorímetre Synergy HT Fluorescence Reader Biotek.

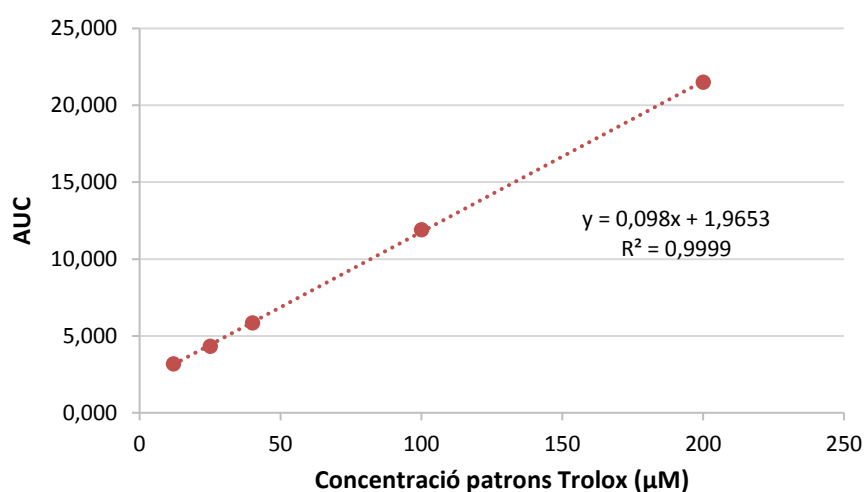
La microplaca emprada va estar 96 well-cell i es va distribuir tal com es pot veure en la Figura 10.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	F	F	E1	E1	E1	E9	E9	E9	E17	E17	E17	F
B	B	B	E2	E2	E2	E10	E10	E10	E18	E18	E18	B
C	P1 (12,5µM)	P1 (12,5µM)	E3	E3	E3	E11	E11	E11	E19	E19	E19	P1 (12,5µM)
D	P2 (25µM)	P2 (25µM)	E4	E4	E4	E12	E12	E12	E20	E20	E20	P2 (25µM)
E	P3 (40µM)	P3 (40µM)	E5	E5	E5	E13	E13	E13	E21	E21	E21	P3 (40µM)
F	P4 (100µM)	P4 (100µM)	E6	E6	E6	E14	E14	E14	E22	E22	E22	P4 (100µM)
G	P5 (200µM)	P5 (200µM)	E7	E7	E7	E15	E15	E15	E23	E23	E23	P5 (200µM)
H	B	B	E8	E8	E8	E16	E16	E16	E24	E24	E24	B

**Figura 10:** Distribució dels patrons i els extractes en la microplaca. (F: control fluoresceïna, B: blanc, P: patrons Trolox, E: extractes).

### 3.3.4.1. Quantificació de la capacitat antioxidant.

Per quantificar la capacitat antioxidant es va calcular l'àrea de fluoresceïna sota la corba (AUC) per a cada mostra, patró i blanc. A continuació es va restar l'AUC del blanc de cada patró de Trolox (i després de cada mostra) i es crear una corba estàndard (Figura 11) que es va utilitzar per a convertir l'àrea neta sota la corba de la mostra a µmols Trolox equivalent /L (Armstrong, 2014). Finalment els resultats es varen expressar en µmols Trolox equivalent / 100 g de mostra fresca.



**Figura 11:** Exemple corba de calibratge de patrons Trolox.



### 3.4. Tractament estadístic

Els resultats es van analitzar mitjançant l'anàlisi de variància ANOVA, amb un nivell de significació de  $p < 0,05$ , i comparacions en parelles pel mètode Tukey (realitzades només si el test ANOVA que el precedeix resultava significatiu) per poder veure les diferències significatives entre els grups o tractaments. Les variàncies entre grups no es van considerar iguals. També es va realitzar un anàlisi de correlació de Pearson per comprovar si els paràmetres estaven relacionats entre ells de manera lineal.

Per dur a terme aquests càlculs es va utilitzar el programa estadístic Minitab 17 (MINITAB Inc. State College, PA).

## 4. Resultats i discussió

En aquest treball s'ha vist convenient la divisió del grup "amb nematodes" en dos, en funció de la seva població, ja que les densitats de nematodes difereixen molt entre parcel·les. Així doncs, en el cultiu de primavera (d'ambdós fruits) i d'estiu (en tomàquet) tenim  $<100$  i  $>100$  nematodes i en el cas del meló  $<3000$  i  $>3000$  nematodes. S'han escollit aquests valors de referència per tenir un nombre similar de mostres analitzades en cada grup. Pel que fa al meló, s'ha elegit un valor diferent, ja que la població de nematodes és molt superior a 100 en totes les parcel·les (Taula 5) i per tant aquesta divisió no era possible.

## 4.1. Meló Cantaloupe

### 4.1.1. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes sobre el contingut d'àcid ascòrbic.

El meló i més concretament la varietat Cantaloupe conté, segons USDA (2016), 36,5 mg AA·100 g<sup>-1</sup>, la qual cosa el converteix en una font important de vitamina C. Els resultats obtinguts en aquest treball es recullen en la Taula 6 i mostren un contingut mitjà d' 11,04 mg AA·100 g<sup>-1</sup>, en el cultiu de primavera i 20,96 mg AA·100 g<sup>-1</sup>, en el cultiu d'estiu.

**Taula 6:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes sobre l'àcid ascòrbic del meló Cantaloupe.

		Densitat nematodes (250 cm <sup>3</sup> )	Cultiu PRIMAVERA mg àcid ascòrbic · 100 g mostra fresca <sup>-1</sup>	Densitat nematodes (250 cm <sup>3</sup> )	Cultiu ESTIU mg àcid ascòrbic · 100 g mostra fresca <sup>-1</sup>
TRACTAMENT	Patró	Sense nematodes	10,16±3,5 <b>A</b>	Sense nematodes	23,42±2,6 <b>A</b>
		< 100 nematodes	11,03±1,4 <b>A</b>	< 3000 nematodes	22,06±4,2 <b>AB</b>
		> 100 nematodes	-	> 3000 nematodes	19,13±5,8 <b>B</b>
	Varietat	Sense nematodes	9,91±7,4 <b>A</b>	Sense nematodes	20,50±6,2 <b>AB</b>
		< 100 nematodes	13,21±12,5 <b>A</b>	< 3000 nematodes	19,10±6,5 <b>B</b>
		> 100 nematodes	14,54±1,8 <b>A</b>	> 3000 nematodes	23,4±1,9 <b>A</b>
	Valor mig dels cultius		11,04 ±6,8 <b>a</b>	20,96 ±5,3 <b>b</b>	

Mitjana±desviació estàndard (Melons analitzats primavera= 13 i melons analitzats estiu= 24). Comparacions en parelles pel mètode Tukey. Les mitjanes en columna que no comparteixen lletra majúscula són significativament diferents ( $p<0,05$ ). Les mitjanes en fila que no comparteixen lletra minúscula són significativament diferents ( $p<0,05$ ).

Els nivells d'àcid ascòrbic dels melons empeltats del cultiu d'estiu tendeixen a disminuir a mesura que augmenta la població de nematodes. Pel que fa als no empeltats s'observa un petit augment de la concentració d'AA quan la població de nematodes és superior a 3000. Gisbert (2011) atribueix l'augment de compostos fenòlics del fruit a l'estrès que pateix la planta. Aquest efecte també podria ser el causant de l'augment d'AA en les plantes amb més presència de nematodes. Pel que fa a les plantes empeltades, no s'observa aquest comportament gràcies a la major resistència que ofereix el portaempelt a la planta.

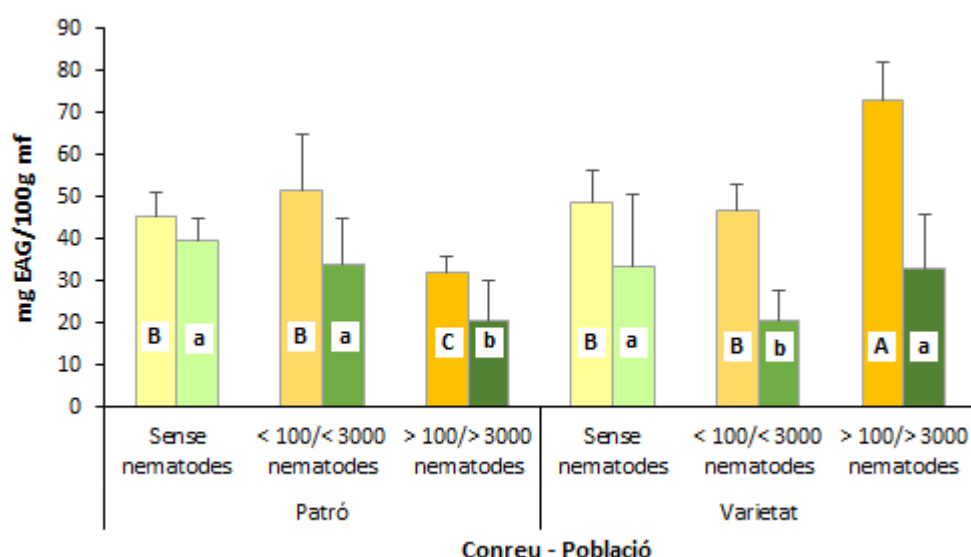
Quant, el cultiu de primavera, no s'aprecia cap efecte significatiu. Indicar que del grup empelt/>100 nematodes no es van obtenir mostres per realitzar la determinació d'àcid ascòrbic.

La presència o no de nematodes i l'efecte de l'empelt a la planta no són factors rellevants en la concentració d'AA del meló Cantaloupe, malgrat que en el cultiu d'estiu es troben diferències significatives ( $p < 0,05$ ) entre els grups, aquestes no són rellevants a nivell nutricional.

Gisbert et al. (2010) van trobar que en pebrot els patrons no modificaven el contingut de vitamina C. A diferència d'aquest estudi, altres autors com Proietti (2008) van reportar que el contingut de deshidroascòrbic i vitamina C en mini-síndries empeltades era superior en un 13 i 7%, respectivament, que en plantes no empeltades.

#### 4.1.2. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de compostos fenòlics.

Fruïtes i verdures són una font de compostos fenòlics important, aquests posseeixen una activitat antioxidant que s'associa amb la reducció del risc de càncer en humans (Ghasemnezhad, 2011). Segons Isabelle (2010) i la base de dades USDA (2016) el contingut de compostos fenòlics d'un meló Cantaloupe es troba entre 16 i 114 mg EAG·100 g<sup>-1</sup>. En el present estudi els valors oscil·len entre 28,4 i 48,2 mg EAG·100 g<sup>-1</sup>, en el cultiu d'estiu i primavera, respectivament. En la Figura 12 podem observar els valors de compostos fenòlics en funció del tractament i del cultiu.



**Figura 12:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de compostos fenòlics totals del meló Cantaloupe. Cultiu de primavera (groc-taronja) i cultiu d'estiu (verds).

(Melons analitzats primavera= 14 i melons analitzats estiu= 23). Comparacions en parelles pel mètode Tukey. Les columnes que no comparteixen lletra majúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les columnes que no comparteixen lletra minúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les línies sobre les barres representen la desviació estàndard.

En el cultiu de primavera el nivell més elevat de compostos fenòlics pertany al grup de melons no empeltats/>100 nematodes, amb un contingut de 73,06 mg EAG·100 g<sup>-1</sup>. Tal i com s'ha explicat en l'apartat anterior, aquest augment pot ser degut a l'estrès que pateix la planta amb la presència de nematodes. Per contra el nivell més baix correspon als

melons empeltats i més població de nematodes, amb un valor de 32,2 mg EAG·100 g<sup>-1</sup>. Aquests dos són significativament diferents ( $p < 0,05$ ) amb la resta de grups i entre ells.

En el cultiu d'estiu es veu una reducció del contingut de compostos fenòlics respecte al cultiu de primavera i que la presència de nematodes en aquests influeix més negativament.

Tot i que no s'evidencien diferències significatives, també es pot apreciar una lleugera tendència a l'increment dels compostos fenòlics en el conreu empelt/sense nematodes envers el no empeltat/sense nematodes, en el cultiu d'estiu. Aquestes diferències poden ser atribuïdes a l'ús de l'empelt, ja que la utilització de varietats resistents i no susceptibles als nematodes augmenta el flux d'aigua i nutrients de la planta (San Bautista et al. , 2011).

Autors com Gisbert et al. (2011) han observat que el contingut total de compostos fenòlics del fruit és significativament superior en les plantes empeltades en comparació amb les que no han seguit aquest tractament.

#### 4.1.3. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de carotens.

Els carotenoides es troben àmpliament difosos en el regne vegetal, en forma de pigments vermells, taronges i grocs. El  $\beta$ -carotè és el més conegut i majoritari en el meló Cantaloupe. Les concentracions mitjanes de  $\beta$ -carotè obtingudes, en meló, tant en el cultiu de primavera ( $413,3 \mu\text{g } \beta\text{-carotè} \cdot 100 \text{ g mostra fresca}^{-1}$ ) com en el d'estiu ( $390 \mu\text{g } \beta\text{-carotè} \cdot 100 \text{ g mostra fresca}^{-1}$ ) són bastant inferiors a la proporcionada per la base de dades USDA, amb un valor de  $2020 \mu\text{g } \beta\text{-carotè} \cdot 100 \text{ g mostra fresca}^{-1}$ . Aquests nivells tan baixos poden ser conseqüència de diversos factors com el clima, el lloc geogràfic de producció, la maduresa, la varietat, la manipulació post-collita del fruit o les condicions d'emmagatzematge (Rodríguez, 2004). Les concentracions de  $\beta$ -carotè obtingudes es mostren en la Taula 7.

**Taula 7:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de carotens del meló Cantaloupe.

		Densitat nematodes (250 cm <sup>3</sup> )	Cultiu PRIMAVERA μg β-carotè · 100 g mostra fresca <sup>-1</sup>	Densitat nematodes (250 cm <sup>3</sup> )	Cultiu ESTIU μg β-carotè · 100 g mostra fresca <sup>-1</sup>
TRACTAMENT	Patró	Sense nematodes	368,05 ± 123,4 <b>A</b>	Sense nematodes	498,60 ± 233,4 <b>AB</b>
		< 100 nematodes	478,72 ± 57,4 <b>A</b>	< 3000 nematodes	497,40 ± 231 <b>AB</b>
		> 100 nematodes	453,32 ± 72,2 <b>A</b>	> 3000 nematodes	251,20 ± 99,4 <b>C</b>
	Varietat	Sense nematodes	402,20 ± 54,0 <b>A</b>	Sense nematodes	394,80 ± 181,1 <b>ABC</b>
		< 100 nematodes	368,00 ± 138,7 <b>A</b>	< 3000 nematodes	322,20 ± 157,7 <b>BC</b>
		> 100 nematodes	399,31 ± 70,8 <b>A</b>	> 3000 nematodes	666,00 ± 147,9 <b>A</b>
Valor mig dels cultius		413,30 ± 89,1 <b>a</b>	390,00 ± 207,1 <b>a</b>		

Mitjana  $\pm$  desviació estàndard (Melons analitzats primavera= 15 i melons analitzats estiu= 22). Comparacions en parelles pel mètode Tukey. Les mitjanes en columna que no comparteixen lletra majúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les mitjanes en fila que no comparteixen lletra minúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ).



No es troba cap diferència significativa en la concentració de  $\beta$ -carotè entre els diferents grups del cultiu de primavera. La variabilitat dels resultats dins del mateix grup podria ser un factor que dificultés la separació estadística.

El contingut més elevat de  $\beta$ -carotè, en el cultiu d'estiu, es troba en les plantes no empeltades/>3000 nematodes, aquest fet podria ser degut a la influència de *Meloidogyne incognita* sobre el contingut de clorofil·la. Melakeberhan et al. (1984) observa una disminució significativa ( $p < 0,05$ ) del contingut de clorofil·la en mongetes amb l'augment del nivell d'infecció per nematodes. Com a conseqüència de la degradació de la clorofil·la altres pigments, en aquest cas el  $\beta$ -carotè, s'expressarien abans i amb més quantitat.

Condurso et al. (2012) van reportar que un possible motiu pel qual les hortalisses empeltades tenien major contingut de carotens era l'augment de la concentració de K i Mg en les plantes empeltades, ja que ambdós cations tenen un paper important en la síntesi dels carotenoides.

Paral·lelament a aquest treball, Marin (2017) ha realitzar un altre treball on va analitzar el contingut mineral (Na, K, Fe, Ca i Mg) dels melons Cantaloupe. L'estudi de correlacions de Pearson amb els carotens va donar no significatiu en el cas del Mg, però significatiu en el cas del K, amb una correlació de 0,806 ( $p < 0,05$ ), la qual cosa ens indica que hi ha una relació directa entre el contingut de K i la quantitat de carotens del fruit.

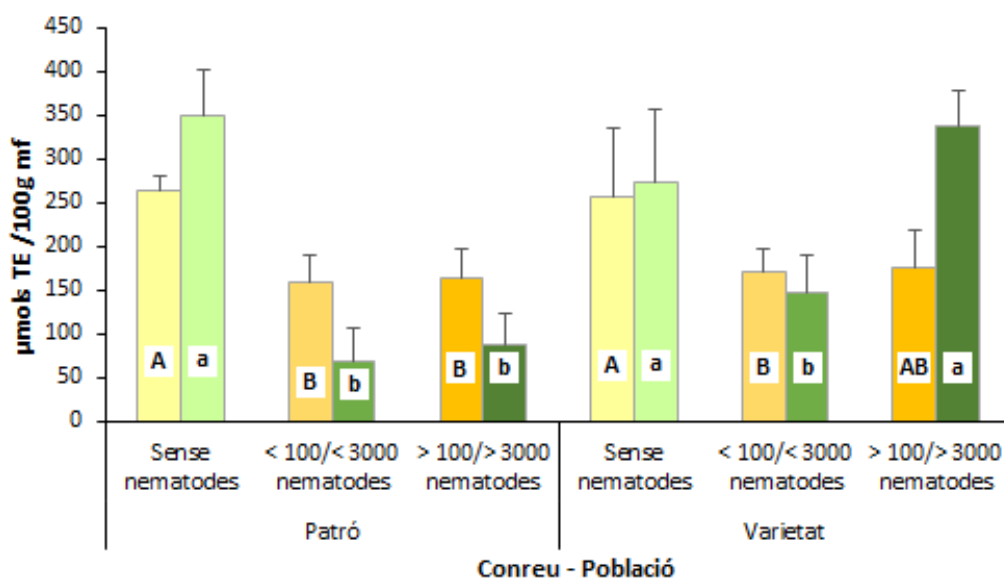
Cal destacar que les parcel·les amb menys de 3000 nematodes tenen una densitat molt inferior a aquest valor de tall, amb una mitjana de 791,5 nematodes en 250 cm<sup>3</sup>, en canvi, les parcel·les amb més de 3000 nematodes tenen una mitjana de 4558 nematodes en 250 cm<sup>3</sup> (veure Taula 5).

Fernández-García et al. (2004) també van observar un augment considerable en el contingut de  $\beta$ -carotè en tomàquets empeltats. De la mateixa manera, Davis et al. (2008) va informar que l'empelt de síndria augmentava els carotenoides totals en un 20%.



#### 4.1.4. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en la capacitat antioxidant.

La capacitat antioxidant dels compostos hidrofílics en meló Cantaloupe, segons la base de dades USDA (2016) pren valors entre 228-392  $\mu\text{mols Trolox}\cdot 100\text{ g mostra fresca}^{-1}$ . El present treball es mou en un rang de concentració molt semblant, entre 258-349  $\mu\text{mols Trolox}\cdot 100\text{ g mostra fresca}^{-1}$  en els conreus sense nematodes (veure Figura 13).



**Figura 13:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en la capacitat antioxidant del meló Cantaloupe. Cultiu de primavera (groc-taronja) i cultiu d'estiu (verds).

(Melons analitzats primavera= 22 i melons analitzats estiu= 20). Comparacions en parelles pel mètode Tukey. Les columnes que no comparteixen lletra majúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les columnes que no comparteixen lletra minúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les línies sobre les barres representen la desviació estàndard.

En ambdós cultius es veu que la presència de nematodes disminueix significativament ( $p < 0,05$ ) la capacitat antioxidant del meló, menys en el tractament no empelt/>3000 nematodes, del cultiu d'estiu, on l'augmenta considerablement.

Dades similars s'han obtingut en l'estudi de Nogales (2016) (resultats del 1er any de conreu d'aquest projecte) on també s'aprecia un descens de la capacitat antioxidant amb la presència de nematodes.

## 4.2. Tomàquet Durinta

### 4.2.1. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut d'àcid ascòrbic.

Els valors mitjans d'AA obtinguts en el present estudi són 14,63 mg AA·100 g<sup>-1</sup> (primavera) i 15,5 mg AA·100 g<sup>-1</sup> (estiu) i concorden amb els valors teòrics de les bases de dades consultades que van de 13,7 mg AA·100 g<sup>-1</sup> (USDA, 2016) a 19 mg AA·100 g<sup>-1</sup> (BEDCA, 2016). La Taula 8 mostra els resultats obtinguts d'AA.

**Taula 8:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes sobre l'àcid ascòrbic del tomàquet Durinta.

		Densitat nematodes (250 cm <sup>3</sup> )	Cultiu PRIMAVERA mg àcid ascòrbic · 100 g mostra fresca <sup>-1</sup>	Densitat nematodes (250 cm <sup>3</sup> )	Cultiu ESTIU mg àcid ascòrbic · 100 g mostra fresca <sup>-1</sup>
TRACTAMENT	Patró	Sense nematodes	14,19 ± 2,4 <b>B</b>	Sense nematodes	23,33 ± 0,9 <b>A</b>
		< 100 nematodes	15,46 ± 1,8 <b>AB</b>	< 100 nematodes	14,94 ± 1,9 <b>BC</b>
		> 100 nematodes	11,15 ± 0,1 <b>C</b>	> 100 nematodes	13,76 ± 0,9 <b>C</b>
	Varietat	Sense nematodes	14,71 ± 2,5 <b>AB</b>	Sense nematodes	21,68 ± 1,0 <b>A</b>
		< 100 nematodes	14,73 ± 0,7 <b>AB</b>	< 100 nematodes	15,82 ± 2,1 <b>B</b>
		> 100 nematodes	16,27 ± 0,5 <b>A</b>	> 100 nematodes	13,64 ± 1,6 <b>C</b>
	Valor mig dels cultius		14,63 ± 2,3 <b>a</b>	15,50 ± 3,4 <b>a</b>	

Mitjana ± desviació estàndard (Tomàquets analitzats primavera i estiu= 16). Comparacions en parelles pel mètode Tukey. Les mitjanes en columna que no comparteixen lletra majúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les mitjanes en fila que no comparteixen lletra minúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ).

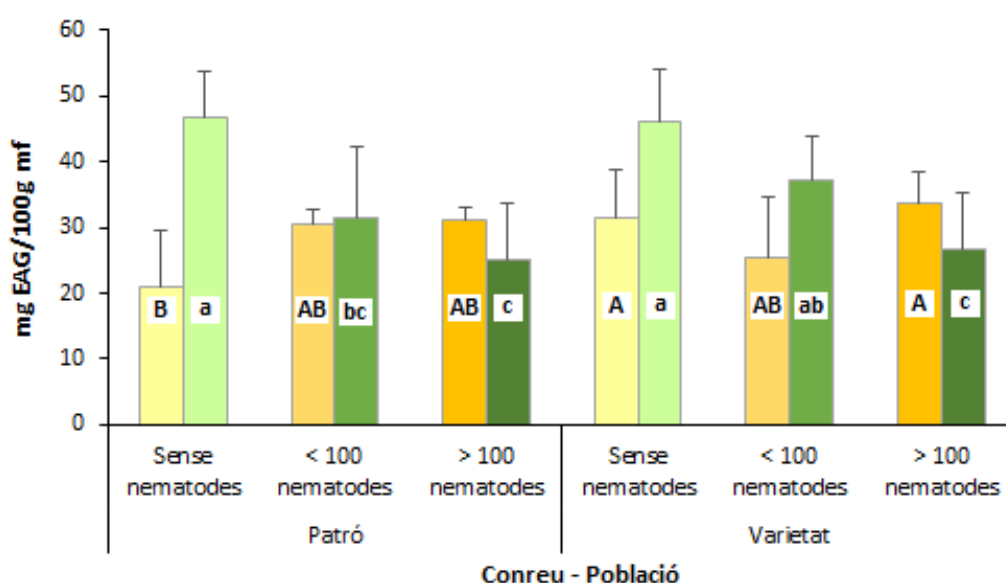
En el cultiu comprès entre els mesos d'abril i juliol es troben diferències significatives ( $p < 0,05$ ) entre els tractaments, però igual que en el meló la presència o no de nematodes i l'efecte de l'empelt a la planta no tenen una repercussió en la concentració d'AA del tomàquet Durinta.

La repercussió dels nematodes en el cultiu d'estiu és major ja que, s'observa una clara disminució del paràmetre analitzat a mesura que la densitat de nematodes creix. Aquest efecte no s'aprecia en el cultiu de primavera possiblement perquè la quantitat de nematodes que hi havia al sòl era inferior a la del cultiu d'estiu (veure Taula 5).

Huang et al. (2009) observen un augment del contingut de vitamina C en cogombres empeltat. Per contra, Turhan et al. (2011) i Di Gioia et al. (2010) van trobar que el contingut de vitamina C era dràsticament reduït per l'empelt i que el contingut de vitamina C disminuïa entre un 14-20% en tomàquets empeltades en comparació amb el tractament sense empeltar, respectivament.

#### 4.2.2. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de compostos fenòlics.

Segons la base de dades USDA (2016) els nivells de compostos fenòlics totals en tomàquet es troben entre 70 i 99 mg EAG·100 g<sup>-1</sup>, amb valors mitjans de 80 mg EAG·100 g<sup>-1</sup>. En aquest treball, els valors mitjans (32,2 mg EAG·100 g<sup>-1</sup>) són inferiors als bibliogràfics (Figura 14). Aquest resultat pot ser degut a factors com la maduresa, varietat analitzada o condicions d'emmagatzematge (Ghasemnezhad, 2011).



**Figura 14:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de compostos fenòlics totals del tomàquet Durinta. Cultiu de primavera (groc-taronja) i cultiu d'estiu (verds).

(Tomàquets analitzats primavera i estiu= 16). Comparacions en parelles pel mètode Tukey. Les columnes que no comparteixen lletra majúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les columnes que no comparteixen lletra minúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les línies sobre les barres representen la desviació estàndard.

Contràriament al que s'esperava, en el cultiu de primavera, la concentració de compostos fenòlics totals en tomàquets empeltats/sense nematodes és significativament ( $p < 0,05$ ) inferior a la dels tomàquets amb nematodes i als no empeltats. I al igual que en el meló Cantaloupe la major concentració de compostos fenòlics es troba en el grup no empeltats/>100 nematodes amb valors de 33,63 mg EAG· 100 g<sup>-1</sup>.

Dades similar, han estat evidenciades per Vinkovic-Vrcek et al. (2011), que van trobar que l'empelt reduïa significativament el contingut de compostos fenòlics totals en tomàquet.

Quant al cultiu d'estiu, la concentració de compostos fenòlics totals en tomàquet decreix significativament ( $p < 0,05$ ) a mesura que la població de nematodes augmenta, independentment de si la planta està empeltada o no. Aquest comportament ens està indicant, d'una banda que la presència de nematode té efecte significatiu sobre els compostos fenòlics i de l'altra que el tomàquet és més tolerant a l'atac dels nematodes.

#### 4.2.3. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de carotens.

El licopè és el carotenoide característic del tomàquet, que li confereix la seva coloració vermella. La concentració teòrica de licopè en tomàquet segons USDA (2016) és de 2573 µg licopè·100 g mostra fresca<sup>-1</sup>. En el cultiu de primavera la concentració de licopè és molt més elevada comparada amb la font consultada, ja que arriba a valors de 7721 µg licopè·100 g mostra fresca<sup>-1</sup> en el tractament no empelt/< 100 nematodes, en canvi, en el cultiu d'estiu mostra una concentració de licopè molt inferior, amb un valor màxim de 372 µg licopè·100 g mostra fresca<sup>-1</sup> en el grup empelt/sense nematodes. Això pot ser degut a diferents factors, tant de camp com de laboratori, ja que el clima, la maduresa, la manipulació post-collita, la llum i la temperatura poden afectar greument a la seva degradació (Rodríguez, 2004). Les concentracions de carotens obtingudes dels diferents cultius es mostren en la Taula 9.

**Taula 9:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en el contingut de carotens del tomàquet Durinta.

		Densitat nematodes (250 cm <sup>3</sup> )	Cultiu PRIMAVERA µg licopè · 100 g mostra fresca <sup>-1</sup>	Densitat nematodes (250 cm <sup>3</sup> )	Cultiu ESTIU µg licopè · 100 g mostra fresca <sup>-1</sup>
TRACTAMENT	Patró	Sense nematodes	4564,00 ± 604,0 <b>B</b>	Sense nematodes	372,00 ± 17,2 <b>A</b>
		< 100 nematodes	7420,00 ± 1728,0 <b>A</b>	< 100 nematodes	239,00 ± 52,2 <b>B</b>
		> 100 nematodes	2515,00 ± 205,0 <b>B</b>	> 100 nematodes	219,00 ± 36,6 <b>BC</b>
	Varietat	Sense nematodes	7274,00 ± 1176,0 <b>A</b>	Sense nematodes	231,00 ± 1,0 <b>BC</b>
		< 100 nematodes	7721,00 ± 775,0 <b>A</b>	< 100 nematodes	147,00 ± 54,7 <b>C</b>
		> 100 nematodes	6672,00 ± 1020,0 <b>A</b>	> 100 nematodes	202,00 ± 42,4 <b>BC</b>
Valor mig dels cultius		6142,00 ± 1861 <b>a</b>	212,50 ± 69,6 <b>b</b>		

Mitjana ± desviació estàndard (Tomàquets analitzats primavera i estiu= 16). Comparacions en parelles pel mètode Tukey. Les mitjanes en columna que no comparteixen lletra majúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les mitjanes en fila que no comparteixen lletra minúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ).

La variabilitat dels resultats dins del mateix grup dificulta la seva interpretació, però sembla que el contingut de licopè té una tendència a disminuir amb la presència de nematodes. Aquest comportament s'aprecia en els dos cultius, tan en patró com en varietat.

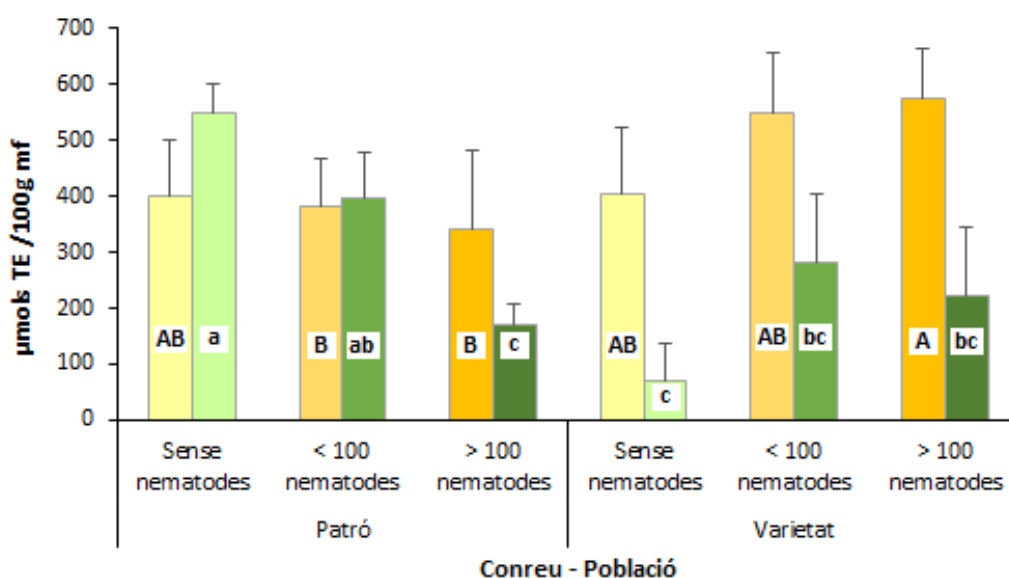
Igual que en meló Cantaloupe, també es van realitzar les correlacions de Pearson per veure la relació entre el contingut de K i Mg amb la concentració de carotens del tomàquet Durinta. En aquest cas, tampoc es va obtenir un resultat significatiu en Mg, però sí per el K, amb una correlació de 0,895 ( $p < 0,05$ ).

Autors com Proietti et al. (2008) van trobar que la mini-síndria empeltada augmentava la concentració de licopè en un 40% en comparació amb les no empeltades. Fernández-García et al. (2004) va veure que els tomàquets empeltats havien duplicat la concentració de licopè respecte als no empeltats. Contràriament a aquests dos autors, Mohammed et al. (2009) van trobar una disminució del licopè en plantes de tomàquet empeltades.

#### 4.2.4. Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en la capacitat antioxidant.

La capacitat antioxidant dels compostos hidrofílics en tomàquet, segons la base de dades USDA (2016) pren valors entre 262 i 520  $\mu\text{mols TE} \cdot 100 \text{ g mostra fresca}^{-1}$ , i mitjans de 389  $\mu\text{mols TE} \cdot 100 \text{ g mostra fresca}^{-1}$ . El present treball té valors mitjans de 362  $\mu\text{mols TE} \cdot 100 \text{ g mostra fresca}^{-1}$ .

En la Figura 15 trobem representada la capacitat antioxidant en funció del conreu i densitat de nematodes.



**Figura 15:** Efecte de l'empelt i la presència de nematodes en la capacitat antioxidant del tomàquet Durinta. Cultiu de primavera (groc-taronja) i cultiu d'estiu (verds).

(Tomàquets analitzats primavera i estiu= 16). Comparacions en parelles pel mètode Tukey. Les columnes que no comparteixen lletra majúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les columnes que no comparteixen lletra minúscula són significativament diferents ( $p < 0,05$ ). Les línies sobre les barres representen la desviació estàndard.

En el cultiu de primavera la capacitat antioxidant dels components hidrofílics del tomàquet disminueix lleugerament en plantes empeltades, en canvi en les plantes no empeltades s'observa una tendència a l'augment de la capacitat antioxidant amb la presència de nematodes.



En el cas del cultiu d'estiu, es troba una reducció significativa ( $p < 0,05$ ) de la capacitat antioxidant en les plantes de tomàquet empeltades a l'augmentar la densitat de nematodes, mentre que en les plantes no empeltades s'observa l'efecte contrari.

Altres autors com Vinkovic-Vrcek et al. (2011), van trobar que l'empelt redueix significativament l'activitat antioxidant del tomàquet.

### 4.3. Correlacions entre els paràmetres analitzats

Les correlacions més rellevants ( $p < 0,01$ ) dels paràmetres analitzats que s'han trobat en meló i tomàquet es mostren en la Taula 10.

**Taula 10:** Coeficients de correlació Pearson dels paràmetres estudiats amb meló Cantaloupe i tomàquet Durinta.

MELÓ CANTALOUPE							
CULTIU PRIMAVERA				CULTIU ESTIU			
	Àcid ascòrbic	Compostos fenòlics	Carotens		Àcid ascòrbic	Compostos fenòlics	Carotens
Compostos fenòlics	0,359*	--	--	Compostos fenòlics	0,495*	--	--
Carotens	0,547*	-0,024	--	Carotens	0,447*	0,505*	--
Capacitat antioxidant	0,180	0,206	-0,238	Capacitat antioxidant	0,161	0,278	0,628*
TOMÀQUET DURINTA							
CULTIU PRIMAVERA				CULTIU ESTIU			
	Àcid ascòrbic	Compostos fenòlics	Carotens		Àcid ascòrbic	Compostos fenòlics	Carotens
Compostos fenòlics	-0,109	--	--	Compostos fenòlics	0,697*	--	--
Carotens	0,324	0,218	--	Carotens	0,424*	0,301	--
Capacitat antioxidant	0,493*	-0,008	0,199	Capacitat antioxidant	0,223	0,083	0,141

Correlacions Pearson. Significació \* ( $p < 0,01$ )

El meló presenta el mateix comportament en ambdós cultius (primavera i estiu) en relació a l'àcid ascòrbic, compostos fenòlics i carotens. En el cultiu d'estiu però, també hi ha una correlació dels carotens amb la capacitat antioxidant i amb els compostos fenòlics. Pel que fa al tomàquet, es comporta de manera similar al meló en cultiu l'estiu (correlació positiva entre àcid ascòrbic amb carotens i amb els compostos fenòlics), però en el de primavera només es troba relació significativa entre l'àcid ascòrbic i la capacitat antioxidant.

Convé destacar que no s'ha trobat cap correlació significativa ( $p < 0,05$ ) entre el color (paràmetres Hue, Croma i lluminositat) i el licopè del tomàquet i el  $\beta$ -carotè del meló. No s'ha trobat cap relació significativa entre la població de nematodes i el contingut dels compostos bioactius analitzats.

## 5. Conclusions

Atenent als resultats obtinguts es pot concloure que:

- La presència de *Meloidogyne incognita* en meló Cantaloupe en general no té una repercussió sobre la qualitat nutricional de la fruita, ja que els canvis observats no són suficients per modificar-la.

S'ha de considerar, però, que:

- En el cultiu d'estiu, poblacions elevades de nematodes han comportat un descens del contingut dels compostos fenòlics i carotens, que ha estat superior en plantes empeltades.
- En ambdós cultius l'empelt ha provocat una disminució de la capacitat antioxidant en presència de nematodes i no s'aprecia cap efecte de l'empelt o dels nematodes en el contingut d'àcid ascòrbic.
- La presència de *Meloidogyne incognita* en tomàquet Durinta ha tingut menor repercussió a la del meló pel que fa al contingut dels compostos bioactius estudiats, ja que la concentració de nematodes era inferior a la del meló i similar en els dos cultius.

Cal tenir en compte que:

- La utilització de l'empelt no implica una millora en el contingut de compostos bioactius del tomàquet en els dos cultius.
- En el cultiu d'estiu, el contingut de compostos fenòlics disminueix en l'augmentar la població de nematodes i la capacitat antioxidant segueix el mateix comportament només en les plantes empeltades.
- No hi ha efecte de l'empelt o dels nematodes en el contingut d'àcid ascòrbic.

## Bibliografia

- Ajila, C. M., Naidu, K. A., Bhat, S. G., Prasada, U. J. S. 2007. "Bioactive Compounds and Antioxidant Potential of Mango Peel Extract." *Food Chemistry* 105(3): 982–88.
- Armstrong, D. 2014. "Advanced Protocols in Oxidative Stress III." *Advanced Protocols in Oxidative Stress III* 594(12): 1–477.
- Blasa, M., Gennari, L., Donato, A., Ninfali, P. 2010. "Fruit and vegetable antioxidants in health." *Bioactive Foods in Promoting Health* 37-58.
- Casierra, F., Aguilar O. 2008. "Calidad En Frutos de Tomate ( *Solanum Lycopersicum* L .) Cosechados En Diferentes Estados de Madurez Quality of Tomato Fruits ( *Solanum Lycopersicum* L .) Harvested at Different Maturity Stages." *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal* 26(2): 300–307.
- Castagnone-Sereno, P. 2002. "Genetic Variability of Nematodes: A Threat to the Durability of Plant Resistance Genes?" *Euphytica* 124(2): 193–99.
- Condurso, C., Verzera, A., Dima, G., Tripodi, G., Crinò, P., Paratore, A., Romano, D. 2012. "Effects of different rootstocks on aroma volatile compounds and carotenoid content of melon fruits." *Scientia Horticulturae* 148: 9-16
- Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Sakata, Y., López, S., Maroto, J.V., Lee, S.G., Huh, Y.C., Sun, Z., Miguel, A., King, S.R., Cohen, R., Lee, J.M., 2008. "Cucurbit grafting." *Revista Plant Sciences* 27: 50–74.
- Di Gioia, F., Serio, F., Buttaro, D., Ayala, O., Santamaria, P. 2010. "Vegetative growth, yield, and fruit quality of 'Cuore di Bue', an heirloom tomato, as influenced by rootstock." *Journal of Horticulturae Scientia and Biotechnology* 85: 477–482.



- Fernández-García, N., Martínez, V., Carvajal, M. 2004. "Effect of salinity on growth, mineral composition, and water relations of grafted tomato plants." *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167: 616–622.
- Fernández-García, N., Martínez, V., Cerda, A., Carvajal, M., 2004. "Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions." *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79: 995–1001.
- Galatti, F., Junqueira, A., Akemi, L., Oliveira, H., Aparecido, L., Trevisan, L. 2013. "Rootstocks Resistant to Meloidogyne Incognita and Compatibility of Grafting in Net Melon." *Revista Ceres* 60(3): 432–36.
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., Ali, G. 2011. "Variation in Phenolic Compounds, Ascorbic Acid and Antioxidant Activity of Five Coloured Bell Pepper (Capsicum Annum) Fruits at Two Different Harvest Times." *Journal of Functional Foods* 3(1)
- Gisbert, C., Prohens, J., Raigón, M., Stommel, J.R., Nuez, F. 2011. "Eggplant Relatives as Sources of Variation for Developing New Rootstocks: Effects of Grafting on Eggplant Yield and Fruit Apparent Quality and Composition." *Scientia Horticulturae* 128(1): 14–22.
- Gisbert, C., Sánchez-Torres, P., Raigón, M.D., Nuez, F., 2010. "Phytophthora capsici resistance evaluation in pepper hybrids: agronomic performance and fruit quality of pepper grafted plants." *Journal of Food and Agriculture & Environment* 8: 116–121.
- Gómez, M., and Montes, M. 2005. "Manejo de Nematodos Endoparásitos: Proyecciones Futuras.": 23
- Hernández, J. 2013. "Caracterización Físico-Química Y Microbiológica Del Tomate Margariteño (Lycopersicum Esculentum Var. España) Y Evaluación de La Efectividad de Tratamientos de Pre-Envasado Para El Incremento de Su Vida Comercial a Temperatura Ambiente." *Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba*: 199.

- Huang, Y., Tang, R., Cao, Q., Bie, Z. 2009. "Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress." *Scientia Horticulturae* 122: 26–31.
- Huang, D., Ou, B., Prior, R.L. 2005. "The chemistry behind antioxidant capacity assays" *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 1841-1856.
- Marin, M. 2017 "Efectes de l'empelt i densitats de nematodes sobre la qualitat del tomàquet i meló Cantaloupe cultivat en hivernacle. "Treball Final de Grau Escola Superior d' Agricultura de Barcelona. UPC. En procés de defensa.
- Melakeberhan, H., Webster, J.M., Brooke, R. C., D'Auria, J. M. 1984. "The influence of *Meloidogyne incognita* on the growth, physiology and nutrient content of *Phaseolus vulgaris*." *Physiological Plant Pathology* 26: 259-268.
- Moens, M., Viaene, N., Wesemael, W. 2011. "Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* Spp.) in Europe." *Nematology* 13(1): 3–16.
- Mohammed, S.M.T., Humidan M., Boras M., Abdalla O.A. 2009. "Effect of grafting tomato on diferent rootstocks on growth and productivity under glasshouse conditions." *Asian Journal of Agricultural Research* 1819-1894.
- Nogales, S. " Efectes de patrons resistens i de la resistència induïda sobre *Meloidogyne spp* sobre la qualitat del meló Cantaloupe." 2016 Treball Final de Grau Escola Superior d' Agricultura de Barcelona. UPC. Defensat el juny de 2016.
- Nugent, P.E., Dukes, P.D. 1997. "Root-Knot Nematode Resistance in Cucumis Species." *HortScience* 32(5): 880–81.
- Ordóñez, A., Balanza, M., Martín, F., Flores, C. 2009. "Estabilidad Del Carotenoide Licopeno En Tomates En Conserva." *Informacion Tecnologica* 20(4): 31–37.
- Palencia, Y. 2011 "Sustancias bioactivas en los alimentos." *Prevention juventud* 2: 1-9.



- Piedrahita, G., Adrián, O., Castaño-Zapata, J., Villegas-Estrada, B. 2012. "Principales Nemátodos Fitoparásitos Y Síntomas Ocasionados En Cultivos de Importancia Económica." *Agronomía* 20(1): 38–50.
- Proietti, S., Roupheal, Y., Colla, G., Cardarelli, M., De Agazio, M., Zacchini, M., Rea, E., Moscatello, S., Battistelli, A. (2008) "Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes." *Journal of the Science of Food Agriculture* 88: 1107–1114.
- Ramírez, J. and Sáinz R.A. 2014. "Enfermedades Por Nematodos En Tomate." : 10. <http://www.monografias.com/trabajos102/enfermedades-nematodos-tomate/enfermedades-nematodos-tomate.shtml>. [Consulta: 27 abril del 2017]
- Rafael, P., & Ramos, P. 1984. "Nemátodos de los nódulos radiculares."
- Rodríguez-Amaya, D.B., Kimura, M. 2004. "HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis." *HarvestPlus Technical Monographs*: 59.
- Romero, F., Martínez, M., Pretel, M. 2003. "Factores Precosecha Determinantes de La Calidad Y Conservación En Poscosecha de Productos Agrarios." : 91–96.
- Roupheal, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., Colla, G. 2010. "Impact of Grafting on Product Quality of Fruit Vegetables." *Scientia Horticulturae* 127(2): 172–79.
- San Bautista, A., Calatayud, A., Nebauera, S., Pascuala, B., Marotoa, J.V., López-Galarza, S. 2011. "Effects of Simple and Double Grafting Melon Plants on Mineral Absorption, Photosynthesis, Biomass and Yield." *Scientia Horticulturae* 130(3): 575–80.
- Sasser, J. N. 1980. "Root-Knot Nematodes: A Globe." *Plant Disease* 64(1): 36.
- Steinmetz, K.A., Potter, J.D., 1996. "Vegetables, fruit and cancer prevention: a review." *Journal of the American Dietetic Association* 96, 1027–1039.
- Taylor, A.L., Sasser, J.N. 1983. "Biología, Identificación Y Control de Los Nematodos de



Nodulo de La Raiz.” *Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte*: 111.

Turhan, A., Ozmen, N., Serbeci, M. S., Seniz, V. 2011. “Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality.” *Horticultural Science* 38(4): 142-149.

Urango, L., Montoya G.A., Cuadros, M.A., Henao, D.C., Zapata, P.A., López, L., Castaño, E., Serna, A.M., Vanegas, C.V., Loaiza, M.C., Davahiva, B. 2008. “Efecto de Los Compuestos Bioactivos de Algunos Alimentos En La Salud.” *Perspectivas en Nutrición Humana* 11(1): 124–4108.

Vinkovic-Vrcek, I., Samobor, V., Bojic, M., Medic-Saric, M., Vukobratovic, M., Erhatic, R., Horvat, D., Matotan, Z. 2011. “The effect of grafting on the antioxidant properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)”. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9: 844–851.



## Webs referenciades

BEDCA. Base de dades Espanñola de Composició d'Aliments: [en línia]. 2007. [Consulta: 23 abril 2017]. Disponible a: <http://www.bedca.net/bdpub/index.php>

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [en línia]. 2017. [Consulta: 10 maig 2017]. Disponible a: <http://www.fao.org/faostat/en/#dat>

Magrama. Estadísticas agrarias: Agricultura: [en línia]. 2017. [Consulta: 3 març 2017]. Disponible a: <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/default.aspx>

USDA. Food Composition Databases. [en línia]. 2016. [Consulta: 14 maig 2017]. Disponible a: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>